

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**

**Katedra:** Technologie a řízení konfekční výroby  
**Bakalářský studijní program:** TEXTIL B3107  
**Studijní obor:** Technologie a řízení oděvní výroby – 3107R004  
**Zaměření:** Konfekční výroba  
**Evidenční číslo bakalářské práce:** 479/10

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Analýza rázové pevnosti švu z hlediska jeho polohy ve výrobku**

**The analysis of the sewn seam impact strength in terms of its location  
in the product**

**Autor:** Alena Pernicová

.....  
podpis

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Ivana Dosedělová

**Rozsah práce:**

| Počet stran | Počet obrázků | Počet tabulek | Počet příloh | Počet zdrojů |
|-------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| 59          | 26            | 20            | 3            | 37           |

**V Prostějově:** 14. 5. 2010

Vložit originál zadání práce

## Prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila žádná autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se úplně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. O právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **souhlasím** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Prostějově, dne 14. 5. 2010.

.....

podpis

## **Anotace**

**Téma:** Analýza rázové pevnosti švu z hlediska jeho polohy ve výrobku.

**Autor:** Alena Pernicová

Bakalářská práce se zabývá tím, zda existuje závislost mezi umístěním švu od střediska vzniku rázu a jeho pevností.

V teoretické části jsou uvedeny příklady rázově namáhaných výrobků technické konfekce, popsán proces vzniku rázu a síly působí na šitý spoj. Dále jsou zde uvedeny druhy švů nejčastěji používané v technické konfekci, analyzován způsob namáhání výrobků a metody, které se používají pro měření rázové pevnosti.

Experimentální část práce zahrnuje tvorbu laboratorních vzorků, na kterých bylo prováděno měření rázové pevnosti pomocí Charpyho kladiva a následné vyhodnocení naměřených hodnot.

## **Klíčová slova**

Deformační práce

Impulz síly

Namáhání

Pevnost

Ráz

Šev

## **Annotation**

**Theme:** The analysis of the sewn seam impact strength in terms of its location in the product

**Author:** Alena Pernicová

Bachelor's thesis deals with if there is some dependence on the location of the seam from the centre of the formation of the shock and his strength.

There are noted some examples of the impact stressed products of the technical clothing in the theoretic part, there is also described the process of the rise of the shock and the powers influence on the sewing joint in the theoretic part. Then there are noted most often useful kinds of the seams in the technical clothing, there is analyzed the way of the stress of the products and methods in the technical clothing, which are used for the measurement of the impact strength.

The experimental part of the thesis contains the production of the laboratorial samples, on which were done the measurements of the impact strength by the help of the Charpy's hammer and consequently interpretation of the measured values.

## **Key words**

Deformation work

Impulse of force

Stress

Strength

Shock

Seam

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Ivaně Dosedělové a RNDr. Ludmile Brichtové za konzultace, odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování práce. Dále bych ráda poděkovala SOŠ průmyslové a SOU strojírenskému v Prostějově za poskytnutí zkušebního přístroje, především Ing. Petru Jáněmu.

## Seznam použitých zkratk

|                    |                                                  |
|--------------------|--------------------------------------------------|
| $F$                | síla působící v obecném směru na šitý spoj [N]   |
| $F_1 (F_1')$       | síla působící ve směru kolmém na šitý spoj [N]   |
| $F_2 (F_2')$       | síla působící ve směru podélném na šitý spoj [N] |
| $\varepsilon$      | deformace [%]                                    |
| $t$                | čas [s]                                          |
| $E_k$              | kinetická energie [J]                            |
| $E_p$              | potenciální energie [J]                          |
| $A_{\text{def}}^R$ | rázová deformační práce [J]                      |
| $g$                | tíhové gravitační zrychlení [ $\text{ms}^{-2}$ ] |
| $m$                | hmotnost kyvadla [kg]                            |
| $l$                | délka kyvadla [m]                                |
| $h_1$              | počáteční výška výkyvu [m]                       |
| $h_2$              | konečná výška výkyvu [m]                         |
| $\alpha_1$         | počáteční úhel výkyvu [ $^\circ$ ]               |
| $\alpha_2$         | konečný úhel výkyvu [ $^\circ$ ]                 |
| $I^R$              | rázový impulz síly [Ns]                          |
| $F_{\text{max}}^R$ | maximální rázová síla [N]                        |
| PES                | polyester                                        |
| CO                 | bavlna                                           |
| LI                 | len                                              |
| WO                 | vlna                                             |
| BMP                | bitmapový formát obrázku                         |
| ČSN                | česká státní norma                               |
| ISO                | mezinárodní organizace pro normalizaci           |

# Obsah

|       |                                                          |    |
|-------|----------------------------------------------------------|----|
| 1     | Úvod .....                                               | 10 |
| 2     | Teoretická část.....                                     | 11 |
| 2.1   | Základní pojmy .....                                     | 11 |
| 2.2   | Rázové namáhání u technických konfekcí .....             | 12 |
| 2.2.1 | Airbag .....                                             | 13 |
| 2.2.2 | Padák .....                                              | 14 |
| 2.2.3 | Bezpečnostní pásy .....                                  | 15 |
| 2.2.4 | Záchranné doskočiště .....                               | 16 |
| 2.2.5 | Přepravní vaky .....                                     | 16 |
| 2.3   | Aplikace švů v technické konfekci .....                  | 17 |
| 2.3.1 | Parametry švů .....                                      | 18 |
| 2.3.2 | Nejčastěji používané druhy švů u technické konfekce..... | 19 |
| 2.3.3 | Švy z hlediska umístění ve výrobku.....                  | 20 |
| 2.3.4 | Mechanicko – fyzikální vlastnosti šitých spojů .....     | 21 |
| 2.4   | Způsob namáhání při užívání výrobku .....                | 23 |
| 2.4.1 | Směry působení sil vůči švu .....                        | 23 |
| 2.4.2 | Rychlost změny působení sil .....                        | 25 |
| 2.4.3 | Doba působení a opakované namáhání .....                 | 26 |
| 2.5   | Důsledky mechanického namáhání.....                      | 27 |
| 2.6   | Rázová pevnost .....                                     | 27 |
| 2.6.1 | Obecné metody mechanických dynamických zkoušek .....     | 28 |
| 2.6.2 | Zkoušky hotových výrobků .....                           | 30 |
| 3     | Praktická část.....                                      | 32 |
| 3.1   | Materiál pro přípravu laboratorních vzorků .....         | 32 |
| 3.2   | Šicí stroj pro přípravu laboratorních vzorků.....        | 32 |



|       |                                                             |    |
|-------|-------------------------------------------------------------|----|
| 3.3   | Příprava laboratorních vzorků .....                         | 33 |
| 3.4   | Podstata zkoušky.....                                       | 35 |
| 3.5   | Princip měření.....                                         | 35 |
| 3.5.1 | Charpyho kyvadlové kladivo pro měření rázové pevnosti ..... | 36 |
| 3.6   | Postup při praktickém měření na Charpyho kladivu.....       | 37 |
| 3.6.1 | Nastavení měřicího zařízení .....                           | 37 |
| 3.6.2 | Postup měření .....                                         | 37 |
| 3.6.3 | Práce s naměřenými daty.....                                | 38 |
| 3.7   | Rázová deformační práce a impuls síly.....                  | 38 |
| 3.7.1 | Rázová deformační práce .....                               | 38 |
| 3.7.2 | Rázový impuls síly .....                                    | 39 |
| 3.8   | Naměření dynamických charakteristik švu.....                | 41 |
| 3.9   | Vyhodnocení měření .....                                    | 46 |
| 4     | Závěr .....                                                 | 52 |
|       | Literatura.....                                             | 54 |
|       | Seznam obrázků .....                                        | 57 |
|       | Seznam tabulek .....                                        | 58 |
|       | Seznam příloh .....                                         | 59 |

# 1 Úvod

V dnešní době se stále více používají textilní výrobky, u kterých dochází během jejich používání k namáhání rázovou silou. Pokud by u takovýchto výrobků došlo k jejich poškození působením rázové síly, mohlo by to mít za následek újmu na lidském zdraví a v tom nejhorším možném případě i smrt.

Mezi takovéto výrobky ovlivňující lidský život patří například airbag v kombinaci s bezpečnostními pásy, které se používají v automobilech ke zvýšení bezpečnosti pasažérů. Pokud by došlo k selhání jednoho z těchto zmíněných výrobků, nebylo by možné zajistit bezpečnost pasažérů, ale naopak by mohly být pro ně nebezpečné.

Dalšími představiteli rázově namáhaných výrobků jsou například padáky, záchranná doskočiště, trampolíny atd.

Jedním z míst, které by se mohlo při působení rázu poškodit je spoj. Proto se tato bakalářská práce zabývá tím, jaký je proces vzniku rázu a jakým směrem působí rázová síla na šitý spoj.

Cílem bakalářské práce je ověřit, zda umístění švu ve výrobcích technické konfekce může mít vliv na jeho pevnost.

## 2 Teoretická část

### 2.1 Základní pojmy

Konfekce – jsou hromadně zhotovené oděvní výrobky pro neznámého uživatele. Různí autoři a naučné slovníky interpretují konfekci různým způsobem. Příkladem je vysvětlení pojmu podle encyklopedie Diderot, kde je konfekce definována jako odvětví zabývající se hromadnou výrobou oděvů, prodejna oděvů, předměty z papíru a lepenky [9].

Textilie – je souhrnné pojmenování pro textilní surovinu a z ní vyrobený polotovar a výrobek. Je-li obsahem výrobku také jiný materiál, než textilní vlákna, lze ho také považovat za textilií, pokud fyzikálně-technologické vlastnosti a vlastnosti textilního povrchu textilie jsou podstatné pro použití výrobku a netextilní materiál má jen doporučující charakter [22].

Oděvní konfekce – je hromadné zhotovování oděvů z různých druhů oděvních materiálů pro předem neznámou osobu. Podle zpracovávaného materiálu rozdělujeme oděvní konfekci na tkaninovou, pleteninovou, kožešinovou a koženou. U oděvní konfekce je kladen důraz na vzhled, barevnost, módnost, reprezentační vlastnosti a linii [9], [17].

Technické konfekce – jsou výrobky vyrobené z textilních materiálů – technických textilií, určené pro neznámého uživatele, sloužící pro speciální účely použití. Na tyto výrobky jsou kladené vysoké nároky na bezpečnost, trvanlivost a účelnost [12].

Technické textilie – jsou inženýrsky konstruované textilie určené pro přesně vymezené podmínky aplikace. Oblasti aplikace technických textilií jsou například geoinženýrství, agroinženýrství, stavební inženýrství, zdravotnictví, ochrana a bezpečnost, veřejný sektor, průmyslové aplikace aj. Technické textilie se podle své struktury dělí na lineární plošné a trojrozměrné [9], [12].

Konfekcionování technických textilií – je to způsob konfekčního zpracování technických textilií. Proces, pomocí kterého vznikají technické konfekce. Konfekčním zpracováním se myslí:

- a) Projektová dokumentace – návrh, konstrukce výrobku, výběr materiálu, struktury, technologický projekt konfekční výroby daného produktu, který bude vyhovovat požadavkům použití a odolá účinkům prostředí, kterému bude výrobek vystaven.
- b) Technologické zpracování – výroba požadovaného výrobku z plošné textilie. To obsahuje: vytvoření stříhových součástí, spojení stříhových součástí, tepelné tvarování a dokončení (dodání patřičných vlastností) [9].

## **2.2 Rázové namáhání u technických konfekcí**

Působení značně velkých sil na spoj textilního materiálu je rázové namáhání. Ráz vzniká ve velmi krátkém čase a je způsoben působením nárazových sil, které dosahují velkých hodnot. Při rázovém namáhání se materiál nestačí deformovat z toho důvodu, že k vzrůstu napětí dochází velice rychle. Všechny švy na výrobku během jeho užívání nepodléhají stejnému namáhání, švy u technické konfekce jsou nejvíce namáhány tahově.

Pevnost v rázu hraje velice důležitou roli především u výrobků technické konfekce, tyto výrobky musejí být velice pevné z toho důvodu, aby působící síly vznikající při rázu nepoškodily výrobek. Pokud by došlo k poškození švu nebo textilie, může dojít k poškození lidského zdraví nebo dokonce ke ztrátě života [3], [15].

Rázově namáhané výrobky:

- airbagy,
- padáky, kluzáky,
- horkovzdušné balóny,
- bezpečnostní pásy,
- rogala,
- lodní plachty,
- trampolína,
- záchranná doskočiště,

- míče na fotbal,
- létající draci,
- plachty pro windsurfing.

### 2.2.1 Airbag

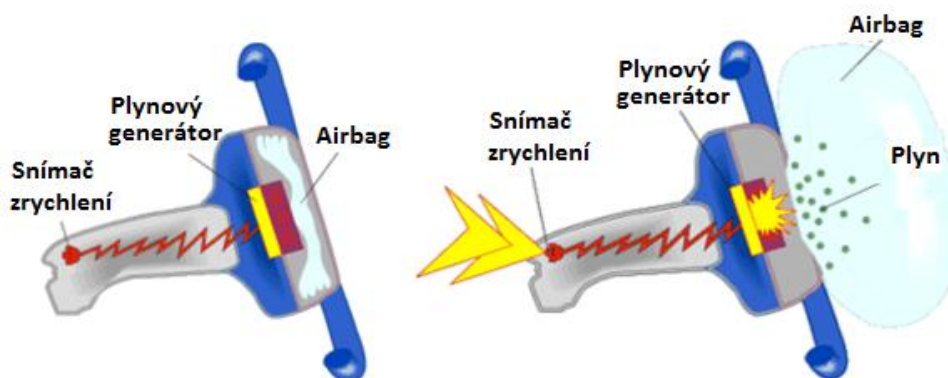
Airbag je v podstatě vak, který se v případě dopravní nehody nafoukne před pasažérem a zbrzdí náraz jeho těla. Patří mezi hlavní představitele rázově namáhaných výrobků. Montážní švy jsou u jednotlivých airbagů odlišně umístěny. Například *airbag pro řidiče* (obr. 2.1) je zhotoven ze dvou částí a jeho výroba je nejjednodušší. Celý airbag je většinou spojen pomocí jednoduchého hřbetového švu, který je umístěn po obvodu airbagu. Oproti tomu je *airbag pro spolujezdce* (obr. 2.1) složitější na výrobu, z toho důvodu, že je tvarovaný více do prostoru. Ke spojení se používá kromě jednoduchého hřbetového švu také jednoduchý přeplátovaný šev. Švy jsou umístěny nejen po obvodu airbagu, ale také na bocích a v jeho přední části. Jeho tvar je samozřejmě dán výrobcem a druhem vozidla. U každého airbagu je zhotoven *prozatímní trhací šev*, který se při výbuchu rozbušky roztrhne, tím zpomalí nafouknutí airbagu a způsobí také to, že samotný airbag není příliš tvrdý a můžeme lépe dýchat [6].

Airbag se skládá z vaku, plynového generátoru a řídicí jednotky se senzory. V okamžiku nárazu, kdy snímače zrychlení naměří hraniční hodnoty, vyšle řídicí jednotka signál do plynového generátoru. Tam dojde k zapálení tablet pro tvorbu plynu pomocí elektrického zapalovače s roznětkou a tedy k velice rychlému nafouknutí airbagu, při kterém vznikne ráz. Vzniklá síla působí kolmo na rovinu textilie a kolmo na šev v rovině textilie. K nafouknutí hlavového airbagu dochází působením síly 1500 N během několika milisekund [16], [28]. Jakmile je již airbag jednou aktivován dojde k jeho porušení a nemůže být už víckrát použit.

Příklad nafouknutí airbagu řidiče (časový přehled): vše začíná časem  $t = 0$ , kdy vozidlo narazí do překážky, v čase  $t = 25 \text{ ms}$  senzor hlásí náraz a dochází k odpálení roznětky a tvorbě plynu pro nafouknutí. Po uplynutí 40 ms se trhá kryt airbagu a vak se plní plynem, v čase  $t = 60 \text{ ms}$  je vak již naplněn a zachycuje posádku vozidla [28].



**Obr. 2.1:** Znázornění tvaru airbagů u řidiče a spolujezdce [28].



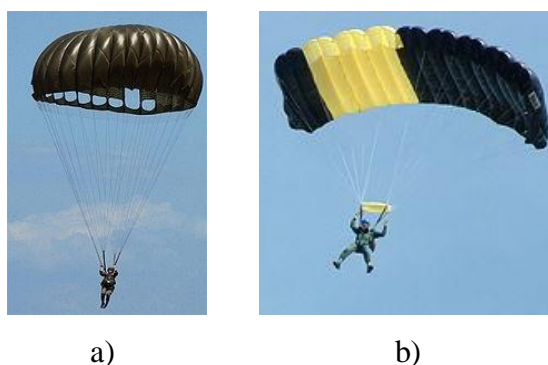
**Obr. 2.2:** Znázornění airbagu zabudovaného ve volantu před a po nafouknutí [28].

### 2.2.2 Padák

Padák je výrobek z jemného lehkého a pevného materiálu sloužící ke zpomalení pohybu objektu působením odporu vzduchu. Švy jsou rozloženy v celém padáku po určitých vzdálenostech. Padák typu křídlo (obr. 2.3 (b)) se ve vzduchu chová jako křídlo letounu a jeho švy jsou pravidelně rozmístěny po celé délce padáku. Padák kruhového typu (obr. 2.3 (a)) padá rychleji k zemi a je hůře ovladatelný, jeho švy jsou také pravidelně rozmístěny po celém obvodu padáku, počet jednotlivých polí může být například 28. Mezi nepoužívanější švy patří švy přeplátované.

Ráz vzniká v okamžiku, jakmile dojde k otevření padáku a k jeho plnění vzduchem v řádu několika *ms*. Dynamický náraz je silnější u malého padáku, než při

otevření velkého padáku. To z toho důvodu, že malý padák se při otevření naplní rychleji vzduchem než větší padák. Prvotní síla působí kolmo na rovinu textilie, její velikost se pohybuje v řádu desetitisíců newtonů. Poté začne síla působit kolmo na šev v rovině textilie a dojde ke quasistatickému namáhání. Součástí padáku jsou také popruhy, které slouží ke spojení padáku s pasažérem. Tyto popruhy jsou též rázově namáhány, síla zde působí ve směru kolmém na šev. Padák může být používán několikrát, nedojde k jeho zničení během prvního použití jako je tomu u airbagu [15], [27].



**Obr. 2.3:** Padák kruhového typu (a), padák typu křídlo (b) [27].

### 2.2.3 Bezpečnostní pásy

Bezpečnostní pásy jsou v podstatě popruhy, pomocí nichž jsou připoutáni pasažéři v dopravních prostředcích k sedadlu. Švy na pásu u starších automobilů jsou umístěny na jeho začátku a konci. U novějších automobilů je šev umístěn pouze na začátku. V případě předních sedadel je jeden konec pásu upevněn v odvíjecím zařízení s předpínačem bezpečnostních pásů umístěném v bočním sloupku automobilu, druhý konec je upevněn pod sedadlem.

Ráz vzniká v okamžiku prudkého zabrzdění vozidla. Pás se zastaví pomocí předpínače během několika *ms*. Síla působí ve směru kolmém na šev. Bezpečnostní pásy musí být velice pevné, protože v případě nárazu se síla působící na bezpečnostní pás pohybuje kolem 10 000 *N*. Při použití bezpečnostních pásů nedochází k jejich porušení a proto je můžeme používat opakovaně [33].

#### 2.2.4 Záchranné doskočiště

Záchranné doskočiště neboli dopadová plocha pro hasiče, je výrobek z textilního materiálu, který slouží k bezpečnému dopadu skákajících osob například z hořícího domu. Umístění švů je dáno typem záchranného doskočiště. Zpravidla bývá našitý střed odlišné barvy, který slouží pro lepší orientaci člověka, kam má přesně skočit.

Ráz vznikne při dopadu skákající osoby na dopadovou plochu záchranného doskočiště. Tělo člověka působí na plochu doskočiště silou několika tisíců newtonů ve směru kolmo na rovinu textilie. Následně, po dopadu člověka na záchrannou plochu dojde ke quasistatickému působení síly kolmo na šev v rovině textilie. Tento záchranný výrobek se může opakovaně používat, aniž by došlo k jeho porušení.



**Obr. 2.4:** Záchranné doskočiště typu STU – 8 [7].

#### 2.2.5 Převravní vaky

Takovéto vaky slouží k přepravě písku, šterku nebo jiných sypkých hmot. Vaky mohou být plněny postupně a to tak, že jejich obsah je nasypáván po malých dávkách. V takovém případě se síla působící na švy vaku postupně zvětšuje a dochází k jejich quasistatickému namáhání. Nebo mohou být přepravní vaky plněny takovým způsobem, že všechny jejich obsah je do nich nasypán velice rychle. Pak dochází k namáhání švů rázově ve směru kolmém na šev v rovině textilie a zároveň kolmo na rovinu textilie.

Švy přepravních vaků musí kromě působení prvotní síly vzniklé při jejich plnění odolávat také síle, která na ně bude působit po dobu, po kterou v nich bude obsah uchován. Tato doba se může pohybovat v řádech několika hodin, dní, měsíců nebo i déle. Převravní vaky se používají opakovaně, dokud nedojde k jejich porušení, dochází tedy k jejich opakovanému namáhání během používání. Kritickým místem může být



spodní podstavná plocha, respektive švy, pomocí kterých je spojena s bočními stěnami. A to z toho důvodu, že při plnění a přepravě dochází nejvíce k jejímu namáhání, může tedy dojít k přetrhu vazných bodů, nebo posunutí nití ve švu.

## 2.3 Aplikace švů v technické konfekci

### Základní definice pojmů z oblasti tvoření švů:

Šev – je místo spojení dvou a více dílů oděvních materiálů pomocí šití [2].

Spoj – je místo spojení dvou nebo více vrstev materiálu různou technologií (lepením, svařováním), jedná se o styčné místo těchto materiálů [2].

Švová záložka – je plocha po obvodě vystřižené součásti oděvu mezi jejím okrajem určeným k založení a krajem [17].

Švy se dělí podle normy ISO 4916. Tato norma označuje, popisuje, schematicky znázorňuje a rozděluje švy do 8 tříd, které se liší charakteristickým položením spojovaného materiálu při zpracovávání oděvního materiálu, součásti, dílce nebo montáži celého výrobku [23].

Označení jednotlivých tříd podle normy ISO 4916 je **X. XX. XX**, kde:

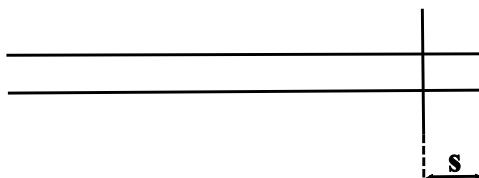
- první číslice značí číslo třídy dle ISO,
- druhé dvojčíslí značí způsob položení materiálu na sebe,
- třetí dvojčíslí značí způsob šití [23].

### 2.3.1 Parametry švů

Mezi parametry švů patří:

#### a) Šíře švové záložky $s$ [mm]

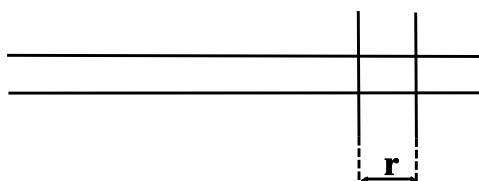
Šíře švové záložky je definována jako vzdálenost od okraje textilie k poslednímu stehovému řádku. Velikost šíře švové záložky se volí podle vlastností materiálu, druhu švu, umístění na výrobku a druhu výrobku.



**Obr. 2.5:** Znázornění šíře švové záložky.

#### b) Vzdálenost stehových řádků $r$ [mm]

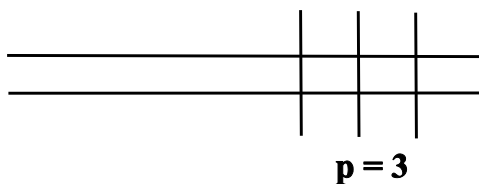
Vzdálenost jednotlivých stehových řádků je nutné zvolit s ohledem na materiál. U dvoujehlových šicích strojů se rovná rozpětí jehel stroje vzdálenosti stehových řádků.



**Obr. 2.6:** Znázornění vzdálenosti stehových řádků.

#### c) Počet stehových řádků $p$

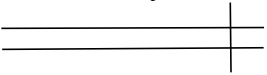
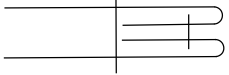

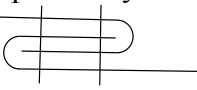

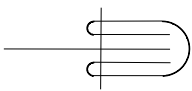
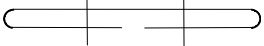
Počet stehových řádků odpovídá celkovému počtu jehelních nití [2].



**Obr. 2.7:** Znázornění počtu stehových řádků.

### 2.3.2 Nejčastěji používané druhy švů u technické konfekce

**Tab. 2.1:** Nejčastěji používané druhy švů u technické konfekce a jejich použití.

| Označení švu podle ISO normy | Název a znázornění švu                                                                                           | Obecné hodnoty parametrů         | Použití                                                                                                         |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.01.01                      | Jednoduchý hřbetový šev<br>     | $p = 1,$<br>$s = 10 \text{ mm.}$ | Airbagy, ochranné vesty, ochranné oděvy, přepravní vaky, autopotahy, školní pouzdra, sportovní tašky, deštníky. |
| 1.06.03                      | Dvojitý hřbetový šev<br>        | $p = 2,$<br>$s = 15 \text{ mm.}$ | Batohy, sportovní tašky, ochranné oděvy, přepravní vaky.                                                        |
| 2.01.01                      | Jednoduchý přeplátovaný šev<br> | $p = 1,$<br>$s = 10 \text{ mm.}$ | Airbagy, stany, školní pouzdra, ochranné plachty, batohy, padáky.                                               |
| 2.04.04                      | Přeplátovaný šev<br>          | $p = 2,$<br>$s = 20 \text{ mm.}$ | Padáky, horkovzdušné balóny, lodní plachty, plachty na windsurfing, haly, přístřešky, ochranné oděvy.           |
| 3.01.01                      | Lemovací šev<br>              | $p = 1,$<br>$s = 10 \text{ mm.}$ | Batohy, sportovní tašky, spacáky, neprůstřelné vesty, ochranné oděvy, přepravní vaky, plachty.                  |
| 3.05.03                      | Oboustranný lemovací šev<br>  | $p = 1,$<br>$s = 10 \text{ mm.}$ | Ochranné oděvy, batohy, sportovní tašky.                                                                        |
| 8.02.01                      | Začišťovací šev<br>           | $p = 2,$<br>$s = 20 \text{ mm.}$ | Popruhy, postroje pro psy.                                                                                      |

[26], [23], [15].

Další část mé bakalářské práce bude zaměřena na namáhání jednoduchého hřbetového švu.

### 2.3.3 Švy z hlediska umístění ve výrobku

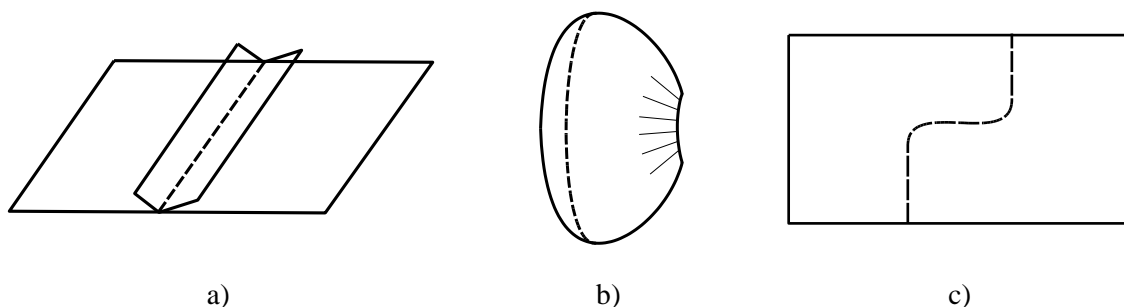
Z hlediska umístění švů ve výrobku švy rozdělujeme na:

- Mezní šev – tento šev spojuje dva různorodé materiály (např. podšívku s vrchovým materiálem).
- Členicí šev – člení celistvou plochu oděvu na více částí. Používají se za účelem dosažení žádaného tvaru výrobku a úspory materiálu.
- Montážní šev – slouží ke spojení dílů ve vyšší montážní celek.
- Pomocný šev – tento šev má na oděvu pomocnou funkci, mnohdy je postradatelný, je to nenamáhaný šev.
- Namáhaný šev – je z hlediska používání namáhán více než ostatní švy [17], [2].

#### *Tvar švu*

Švy mohou být různého tvaru:

- a) Rovný šev – má tvar přímky, leží v rovině textilie.
- b) Mimorovinný šev – je tvarován do prostoru podle tvaru výrobku spojením dvou odlišně tvarovaných dílů.
- c) Zakřivený rovinný šev – jeho tvar je dán obrysem spojovaného dílu [15].



**Obr. 2.8:** Znáznornění tvaru švu: rovný šev (a), mimorovinný šev (b), zakřivený šev (c).

#### *Umístění švů vzhledem ke struktuře materiálu*

Švy mohou být umístěny:

- po osnově textilie,
- po útku textilie,
- kosmo v textilií,
- dva díly různého směru [15].

### *Umístění švů z hlediska namáhání*

Švy mohou být namáhány:

- ve směru osnovy,
- ve směru útku,
- v kosmém směru,
- v určité vzdálenosti od střediska působení síly.

#### **2.3.4 Mechanicko – fyzikální vlastnosti šitých spojů**

Mechanické vlastnosti materiálů jsou odezvou na mechanické působení vnějších sil [11]. Nejdůležitější vlastnosti u technické konfekce jsou vlastnosti funkční, což jsou vlastnosti základní. Tyto vlastnosti vyjadřují odolnost vůči působení vnějšího prostředí, zejména vůči mechanickému namáhání. Šev musí mít určitou pevnost a roztažnost, aby mohl dobře plnit svoji funkci. Vlastnosti švu odpovídají danému materiálu a jsou závislé na parametrech spojování [3].

Vlastnosti spoje:

- **Pevnost** – charakterizuje schopnost spoje odolávat působení vnějších sil, bez toho aniž by došlo k jeho porušení. Pevnost je vyjádřena silou potřebnou k porušení spoje, uvádí se v *N*.
- **Roztažnost** – charakterizuje schopnost spoje odolávat působení vnějších sil bez porušení. Vyjadřuje geometrickou změnu spoje, která je způsobena působením vnějších sil.
- **Pružnost** – je schopnost materiálu vrátit se do původního tvaru, jakmile přestanou působit silové účinky vnějších sil.
- **Tvárnost** – je schopnost materiálu udržet tvar, který mu byl dán při tepelně-tvarovacím procesu.
- **Plasticita** – je schopnost materiálu uchovat si svůj tvar bez porušení, i když je deformován působením vnějších sil [2].

### Faktory ovlivňující mechanicko-fyzikální vlastnosti:

- **Použitý spojovaný a spojovací materiál** – ovlivňuje mechanické vlastnosti spoje jako například pevnost, roztažnost, odolnost vůči poškození jehlou, aj. *Spojovaný materiál* je dán typem výrobku. Použitý materiál má vliv na příčnou i podélnou pevnost. Pevnost samotného švu závisí na pevnosti šitého materiálu a na jeho odolnosti proti opotřebení. Snížení pevnosti spoje může také ovlivnit vazba, dostava a tloušťka materiálu. *Spojovací materiál* má největší vliv na pevnost šitého spoje, nit se při tvorbě stehu o materiál tře, tím se odírá a dochází ke snížení její pevnosti. Pevnost nití v kličce ovlivňuje celkovou pevnost spoje. Pevnost nitě je dána pevností použitých vláken, délkou vláken, konstrukcí nitě a její povrchové úpravě.
- **Parametry spojování** – nejvýznamnější vliv na konečné vlastnosti šitých spojů, který je možno zohlednit při vytváření spojů, mají druh a šířka švu, druh a hustota stehu, směr šití, podmínky při tvorbě stehu.
- **Způsob namáhání** – ovlivňuje vlastnosti šitého spoje při užívání výrobku. Namáhání výrobku během používání je zapříčiněno různými vlivy z vnějšího prostředí, může být také způsobeno povětrnostními vlivy. Vlastnosti jsou ovlivňovány:
  - velikostí působící síly,
  - směrem působící síly,
  - tvarem švu,
  - délkou a způsobem působící síly,
  - rychlostí změny velikosti síly [3].

## 2.4 Způsob namáhání při užívání výrobku

Podle způsobu namáhání, které je dáno působištěm a také orientací vnější síly, se rozlišují vlastnosti vyvolané působením v:

- tahu (bezpečnostní pásy),
- tlaku (autopotahy),
- smyku,
- ohybu (batohy),
- krutu.

Tyto zmíněné druhy namáhání se většinou vyskytují v kombinaci [11], [10].

Podle rychlosti vnější působící síly, můžeme namáhání posuzovat jako:

- quasistatické – působící síla působí pomalu. Quasistaticky je namáhána většina oděvní konfekce a některé technické konfekce (př. nafukovací haly).
- rázové – působící síla působí rychle. K rázovému namáhání dochází u technických konfekcí (př. airbagy) [3].

Podle směru, jakým působí síla, rozlišujeme namáhání:

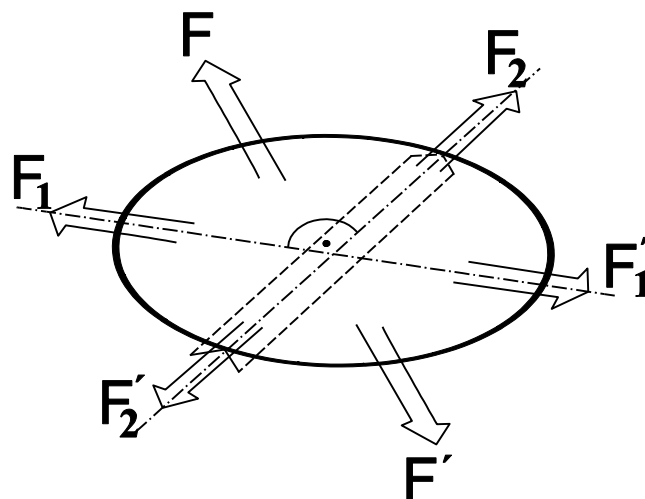
- v jednom směru – bezpečnostní pásy,
- ve více směrech – airbagy.

Dále rozlišujeme namáhání:

- jednorázové – do přetrhu textilie, porušení vazného bodu ve švu (dojde k přetrhu šicí nitě), porušení tkaniny (dojde-li k posunu nití ve švu),
- cyklické (opakované) – bez přetrhu textilie; kromě síly má vliv také počet opakování [3], [11].

### 2.4.1 Směry působení sil vůči švu

Šitý spoj může být namáhán třemi způsoby a to ve směru podélném, příčném a obecném. Na oděvu se vyskytují všechny tři případy, každý má na šev a na jeho okolí odlišné následky [19]. Působíme-li na šitý spoj silou  $F_1$  ( $F_1'$ ) ve směru kolmém na směr šití, pak tato síla potřebná k destrukci šitého spoje určuje příčnou pevnost. Působíme-li na šitý spoj silou  $F_2$  ( $F_2'$ ) ve směru podélném na směr šití, hovoříme o podélné pevnosti. V obecném směru (síla  $F$ ) je pevnost spoje dána poměrem příčné a podélné pevnosti [3], [8].



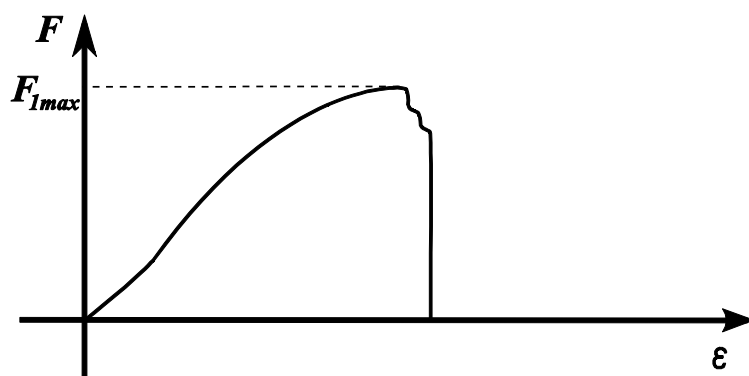
**Obr. 2.9:** Schematické znázornění vnějších působících sil na šitý spoj [8].

### *Příčná pevnost švu $F_{1max}$*

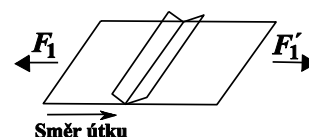
Příčná pevnost vyjadřuje sílu působící kolmo na směr šití, kterou je zapotřebí působit, aby došlo k destrukci švu nevratnou změnou. Za nevratné změny je považováno přetržení nití, posunutí nití ve švu a přetržení nití u spojovaného materiálu.

U běžných oděvů by měla být příčná pevnost švu menší než pevnost textilie a to proto, aby v případě destrukce švu došlo k porušení nitě a nikoliv textilie. U výrobků technické konfekce je důležité, aby příčná pevnost švu byla větší nebo rovna pevnosti textilie a to z toho důvodu, že na pevnosti švu závisí většinou lidské životy.

Příčné namáhání sešitého vzorku textilie je charakterizováno poklesem pevnosti, jelikož došlo k porušení nití v celé šíři vzorku. Tahová křivka sešité textilie je charakterizována náhlým poklesem působící síly, jakmile je dosaženo meze pevnosti švu [19], [3].



a)



b)

**Obr. 2.10:** Tahová křivka příčné pevnosti švu (a), znázornění příčného působení sil na šev (b).

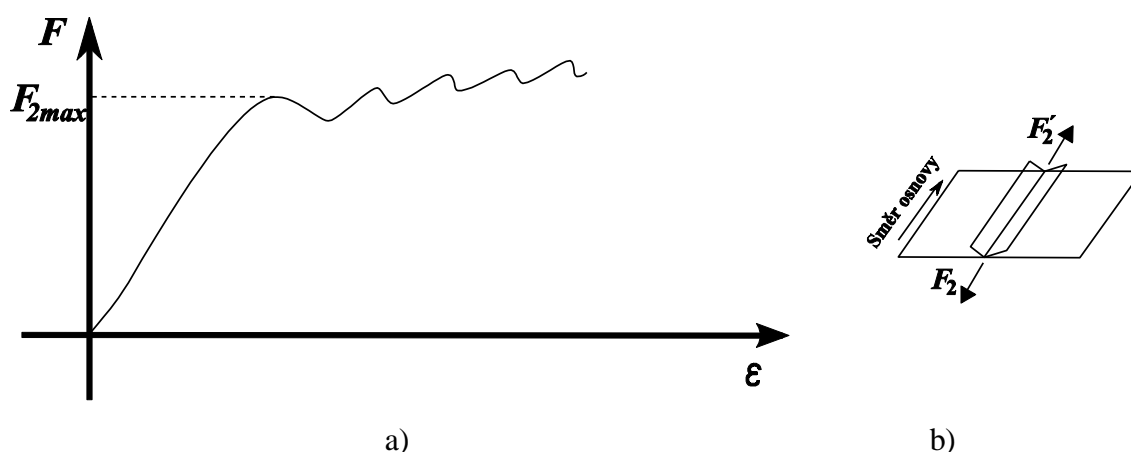


### **Podélná pevnost švu $F_{2max}$**

Podélná pevnost švu vyjadřuje schopnost švu odolávat účinkům sil působících ve směru podélném na směr šití. Podélná roztažnost vyjadřuje deformaci, ke které dochází při namáhání spoje ve směru šití, podélná pevnost vyjadřuje maximální sílu při destrukci.

Napětí vznikající při podélné deformaci se přenáší částečně na textílii a částečně na šicí nit, kde poměr sil závisí na deformačních vlastnostech textílie, parametrech švu a stehu a na podmínkách tvorby stehu.

Při podélném namáhání je na tahové křivce znázorněno postupné porušení nití a jednotlivých vazných bodů švu, charakteristické jsou dílčí poklesy působící síly, jakmile je dosaženo meze pevnosti švu [19], [3].



**Obr. 2.11:** Tahová křivka podélné pevnosti švu (a), Znázornění podélného působení sil na šev (b).

#### **2.4.2 Rychlost změny působení sil**

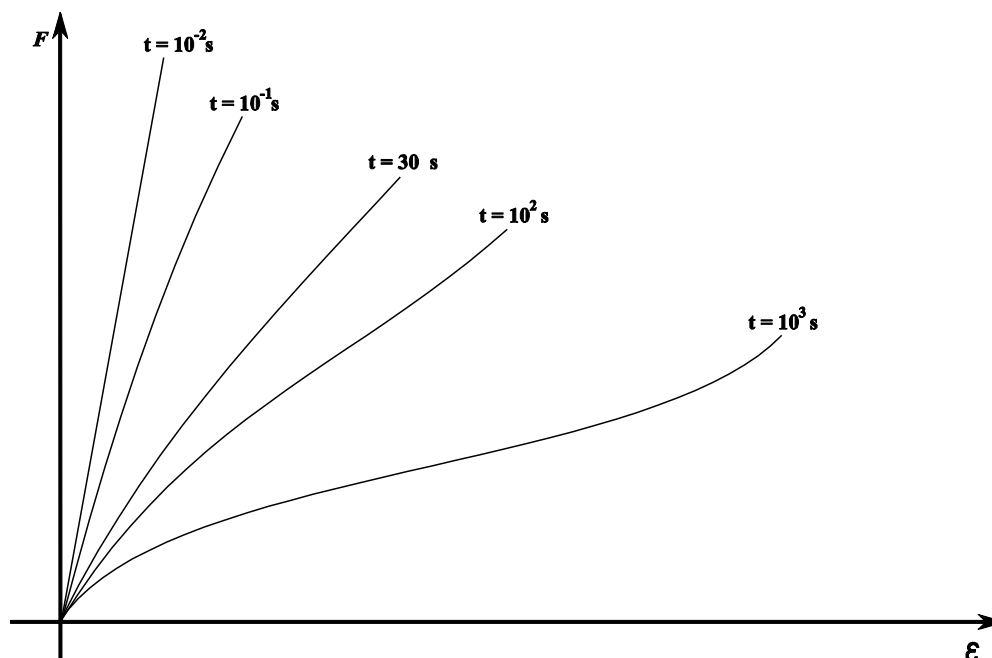
Měkký ráz – o měkkém rázu hovoříme tehdy, je-li deformační dráha velká a síla je poměrně malá (v řádu  $10^3$  N).

Tvrký ráz – nastává v případě, je-li deformační dráha malá a vzniklé síly při tomto rázu dosahují obrovských hodnot (v řádu  $10^4$  N) [4].

Na měření tažnosti a pevnosti v tahu má také vliv rychlost zatěžování. Jestliže budeme textílii rychleji zatěžovat, pak bude mít méně času na přeskupení vnitřních sil.

Čím větší je rychlost zatěžování, tím je menší tažnost a roste pevnost textilie (obr. 2.12).

Se zkracováním doby působení se křivka stává strmější, mizí skluzová oblast a narůstá počáteční modul, který je definován strmostí pracovní křivky při nulové deformaci a je charakteristický pro elastické deformace [11], [10], [18].



**Obr. 2.12:** Závislost pevnosti a tažnosti na rychlosti působení sil [11].

Velikost a směr působících sil – velikost a směr, jakým působí síly, bylo popsáno na příkladech u vybraných druhů technických výrobků v bodě 2.2 bakalářské práce.

### 2.4.3 Doba působení a opakované namáhání

U různých výrobků technické konfekce je doba působení síly odlišná. Záleží na tom, k jakému účelu je výrobek určen a na jaké působení síly je konstrukčně stavěn. Samozřejmě také záleží na tom, zda je výrobek určen pro více použití, v takovém případě bude docházet k jeho opakovanému namáhání, nebo zda je určen jen na jedno použití, po kterém již nemůže být vícekrát použit. Příklady výrobků, jejich celková doba působení síly a zda u nich dochází k opakovanému namáhání je uvedeno v tab. 2.2.

**Tab. 2.2:** Doba působení síly a opakované namáhání u vybraných typů výrobků.

| Výrobek              | Doba působení síly       | Opakované namáhání |
|----------------------|--------------------------|--------------------|
| Airbag               | několik milisekund       | ne                 |
| Padák                | několik minut            | ano                |
| Bezpečnostní pásy    | několik milisekund       | ano                |
| Záchránné doskočiště | několik sekund           | ano                |
| Přepravní vaky       | dlouhodobá (dny, měsíce) | ano                |

## 2.5 Důsledky mechanického namáhání

*Namáhání* je důsledek fyzikální změny působením určitých vlivů na materiál. Při *mechanickém namáhání* působí síly na materiál, jejichž hlavním důsledkem je vznik napětí, deformace materiálu či destrukce spoje.

Napětím rozumíme poměrnou pevnost v tahu do okamžiku přetržení vzorku. Deformace je závislá na velikosti zatížení, rychlosti namáhání a době trvání, určuje změnu délky. Destrukce znamená porušení, rozklad a zničení spoje.

Nejvíce kritickým místem při rázovém namáhání je spoj, tj. místo, kde může dojít k porušení [15],[13].

## 2.6 Rázová pevnost

Rázová pevnost švu – je to vlastnost charakterizující schopnost odolávat vnějším působícím silám, které působí náhle na spojený (sešitý) textilní materiál. Rázovou pevnost spojeného textilního materiálu, ovlivňuje několik faktorů, mezi tyto faktory patří druh švu, druh stehu, použitý materiál, šíře švové záložky, aj.

Ráz – je děj, který je zapříčiněn působením nárazových sil velkých hodnot (síly jsou až tisíckrát větší než běžné síly) a probíhá ve velmi krátkém čase, v řádu několika *ms* - *μs*. Při rázovém namáhání se materiál nestačí deformovat a to z toho důvodu, že dochází k rychlému vzrůstu napětí [1].

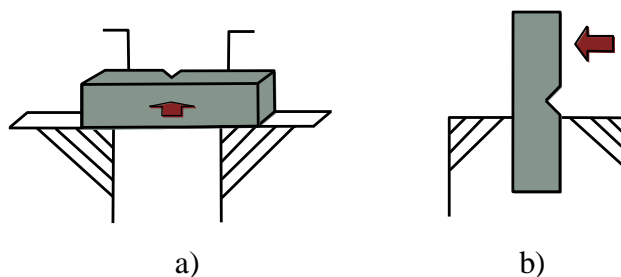
### 2.6.1 Obecné metody mechanických dynamických zkoušek

Rázové zkoušky slouží k zjišťování vlastností při náhlém vzrůstu napětí nejčastěji u plastů, kovů, slitin a dřeva. Vnější síla je zapříčiněna působením nárazu tělesa na dopadovou plochu. Materiály jsou během používání vystaveny mechanickému působení sil, proto je velice důležité znát mechanické vlastnosti těchto materiálů. V praxi je zkoušení materiálů nezbytnou součástí nejen výrobního procesu, ale také pro kontrolu výrobků a polotovarů. Mimo jiné je také důležitým základem výzkumných a vývojových prací [31].

Tyto zkoušky patří mezi nepřímé metody, které jsou normalizované, a to nám umožňuje opakovat měření ve stále stejných laboratorních podmínkách. Výstupem laboratorní zkoušky je velikost práce potřebná k porušení vzorku [3].

Mezi dynamické zkoušky patří:

- **Charpy** – tato metoda se provádí na Charpyho kyvadlovém kladivu. Nejpoužívanější zkouškou je zkouška v ohybu rázem. Kladivo, které je otočné kolem své osy, se vyzdvihne a upevní západkou v počáteční poloze. Kladivo má vybrání, do něhož je vložen břit normalizovaného tvaru. Do stojanu se umístí zkušební tyč vodorovně (obvykle čtvercového průřezu a rozměrech 10 x 10 x 55 mm), tak aby byla uložena vrubem proti nárazové straně kladiva. Po uvolnění západky padá kladivo volně dolů po kruhové dráze, v nejnižší poloze dojde k nárazu na zkušební tyč, jejímu přeražení a vykývnutí do konečné polohy, která je nižší než počáteční poloha, protože došlo ke spotřebování určité práce vynaložené na přeražení tyče. Rázová zkouška materiálů je velmi dobrým ukazatelem rázové houževnatosti a křehkosti [20].
- **Izod** – tato zkušební metoda byla vynalezena v první polovině 20. století. Používá se nejvíce v Severní Americe a vychází z ní metoda Charpy. Kyvadlo se vyzdvihne a upevní v počáteční poloze pomocí zarážky. Zkušební vzorek opatřený vrubem se svisle upne jedním koncem pevně do čelistí stojanu tak, aby vrub směřoval směrem ke kyvadlu. Po uvolnění zarážky se kyvadlo zhoupne po své dráze, dojde k nárazu na zkušební vzorek, k jeho přeražení a vykývnutí kyvadla do koncové polohy [35], [37].



**Obr. 2.13:** Upnutí zkušební vzorku metoda Charpy (a) a Izod (b).

- **Rázové zkoušky tahem** – k takovýmto zkouškám se používají především kyvadlová kladiva, která jsou sestrojena takovým způsobem, aby při průchodu nulovou polohou byla zkušební tyč přetržena. Kladivo pak pokračuje dále v kyvu. K přetržení je zapotřebí určitá energie, která se z větší části spotřebuje na trvalou deformaci zkušební tyče a z menší části na pružnou deformaci upínacího zařízení a tyče. Pro rázovou zkoušku tahem se používá zkušební tyč kruhového průřezu se závitovými nebo válcovými hlavami. Pokud je tyč opatřena závitovými hlavami (častější použití), tak se do kladiva zašroubuje, v případě že je tyč opatřena válcovými hlavami upne se pomocí kroužků [20].
- **Rázové zkoušky padajícím závažím** – zkoušky tohoto typu se využívají hlavně pro testování hotových výrobků. Na zkušební těleso působí volně padající zkušební závaží, jehož kinetická energie může být různě volená. Když budeme při této zkoušce postupně zvyšovat hmotnost závaží, dostaneme se na takovou hodnotu energie, která způsobí zlomení vzorku nebo při níž praskne 50% testovaných výrobků [36].

K experimentálnímu stanovení rázové pevnosti šitých spojů nebyl zatím vyroben žádný přístroj, proto se pro takovéto měření dají použít pouze upravené přístroje, které za normálních podmínek slouží k měření rázové pevnosti kovů a umělých materiálů. Výše zmíněné obecné metody pro měření rázové pevnosti by se po určité úpravě daly využít pro měření pevnosti švu u plošné textilie.

### 2.6.2 Zkoušky hotových výrobků

Zkoušení hotových textilních výrobků se provádí přímou metodou, tedy praktickou aplikací, ke které jsou určeny. U vyrobeného výrobku dochází během testování ke stejnému namáhání, k jakému bude docházet během jeho používání. Výsledkem přímých zkoušek je kvalitativní závěr – výrobek vyhovuje nebo nevyhovuje. Mezi nevýhody těchto zkoušek patří finanční i časová náročnost [3].

#### Padák

Při zkouškách pevnosti padáku nesmí být použit žádný materiál nebo zařízení, které tlumí rázové zatížení, jestliže není nedílnou součástí padákového kompletu. Při takovýchto zkouškách nesmí být zjištěna žádná porucha šití, materiálu nebo funkce ovlivňující letovou schopnost.

Zkouška se provádí přímým shozem figuríny z letícího letadla. Musí se provést minimálně 48 shozů s připevněnou figurínou o hmotnosti menší nebo rovnou maximální provozní hmotnosti padáku. Dále se provede 6 shozů figuríny, jejíž hmotnost je rovna maximální provozní hmotnosti padáku. Maximální provozní hmotnost se pro záložní a záchranný padákový komplet pohybuje kolem 100 kg. Padákový komplet pro dvě osoby má maximální provozní hmotnost okolo 180 kg [24].

#### Airbag

Testy airbagů se provádějí v zkušebních komorách, které simulují zkušební teplotní režimy a umožňují provést výstřel airbagu uvnitř komory i mimo ni. Celý proces výstřelu airbagu je snímán tlakovými senzory a rychloběžnou kamerou (1000 – 4000 snímků za sekundu), ze které je přiveden vysokorychlostní digitální obraz do počítačového systému, kde se vyhodnocují pořízená data. V komoře je možno nastavit teplotní rozsah od – 40°C do 100°C, při kterém se zkouška může provádět [30], [32].

#### Horkovzdušný balón

Pevnostní zkoušky u kompletně vyrobených balónů se standardně neprovádějí. Pouze na požádání odběratele balónu je proveden zkušební let (v délce asi 20 min.). U balónů, které jsou již v provozu, se dělá porovnávací test pevnosti materiálu, kdy se materiál zatěžuje po určitou dobu. Tento test slouží ke zjištění, zda je zkoušený materiál způsobilý k dalšímu provozu. Test se provádí prostřednictvím zkušebních kleští

Grab-test. Materiál se zkouší asi dva metry pod vypouštěcím otvorem na třech místech, z toho jednou přes přeplátovaný šev (2. 04. 04). Je-li použito v této oblasti více odstínů barev, musí se vyzkoušet každá z nich. U některých typů balónů se provádí zkouška také ve 4. a 5. řadě panelů nad ústním na třech místech.

Tkanina je umístěna do kleští takovým způsobem, aby obě čelisti svíraly stejná vlákna za dodržení minimální vzdálenosti (8 – 10 cm). Zatížení (13 kg) působí ve vodorovném směru. Nedojde – li během testu k porušení materiálu, je plně způsobilý k provozu. Dojde – li k porušení tkaniny mezi 10 – 13 kg je letecká způsobilost uznána, ale s určitým omezením (např. může se létat pouze v klidném počasí). Dojde – li k porušení tkaniny při zatížení menším než 10 kg, musí se všechny potřebný materiál vyměnit [34].

#### Záchranné doskočiště

Záchranná doskočiště používají především záchranné hasičské sbory k zachycení osob při pádu z výšky. Jedním z používaných záchranných doskočišť, které se běžně používá, je typ STU – 8 od společnosti Technolen. Zátěžový test tohoto typu doskočiště je proveden za pomoci shozu kulatého závaží o hmotnosti 150 kg z výšky 8 metrů. Po uvedení do praktického provozu je nutné provádět pravidelnou servisní kontrolu každých pět let. Po 15 letech používání musí být výrobek vyřazen [7].

#### Lana

Některá lana jsou z výroby zakončena šitým okem, je proto nutné, aby lano se šitým spojem i bez spoje bylo pevné a splňovalo pevnostní zkoušky. Pevnostní zkouška se provádí na pádové věži. V okamžiku zachycení pádu působí na lezce rázová síla. Lano musí pohltit pádovou energii a snížit rázovou sílu působící na lezce. Jednoduché lano musí při testování úspěšně absolvovat 5 pádů se závažím o hmotnosti 80 kg a dvojitě lano nejméně 12 pádů se závažím o hmotnosti 80 kg. Při první pádové zkoušce dojde k dynamickému prodloužení lana, které nesmí přesáhnout 40% délky lana [29].

### 3 Praktická část

#### 3.1 Materiál pro přípravu laboratorních vzorků

Na přípravu laboratorních vzorků je použita šicí nit od firmy Güttermann s označením Mara 120.

Parametry šicí nitě:

- materiál 100% PES,
- jemnost 25 tex,
- síla do přetrhu 1,150 cN,
- prodloužení 16%,
- srážlivost 1%.

Pro první sadu vzorků je použit jako textilní materiál technická tkanina:

- nit v osnově LI,
- nit v útku CO,
- vazba plátňová,
- plošná měrná hmotnost 230 g/m<sup>2</sup>.

Pro druhou sadu vzorků je použit jako textilní materiál pánská obleková tkanina:

- nit v osnově PES,
- nit v útku WO,
- vazba keprová,
- plošná měrná hmotnost 260 g/m<sup>2</sup>.

#### 3.2 Šicí stroj pro přípravu laboratorních vzorků

Ke správnému zhotovení laboratorních vzorků je použit šicí stroj značky Juki s označením DDL-888. Šicí stroj musí být dobře seřízen, aby se šicí materiál provazoval uprostřed sešívání vzorku, nikoliv na vrchní či spodní straně. Hustota stehu je nastavena na 4 stehy/cm.



### 3.3 Příprava laboratorních vzorků

Příprava laboratorních vzorků vychází z normy ČSN ISO 13935-1 [25]. Vzorky jsou zhotoveny s drobnými rozdíly oproti zmiňované normě, a to z důvodu, aby mohly být správně upevněny do speciálně upravených čelistí Charpyho kyvadlového kladiva pro toto konkrétní laboratorní měření.

Vzorek (obr. 3.1) o rozměrech 900 mm x 1200 mm je složen v požadované vzdálenosti od pevného okraje textilního materiálu do přehybu. Ve stanovené vzdálenosti (podle tab. 3.1 a tab. 3.2) je zhotoven jednoduchý hřbetový šev se šíří švové záložky 20 mm. Přehyb vzorku je před sešitím rozstřížen. Švy jsou ušity rovnoběžně se směrem osnovy. Z obou stran laboratorního vzorku se odstřihne 100 mm jako odpad, který se nebude používat při laboratorní zkoušce.

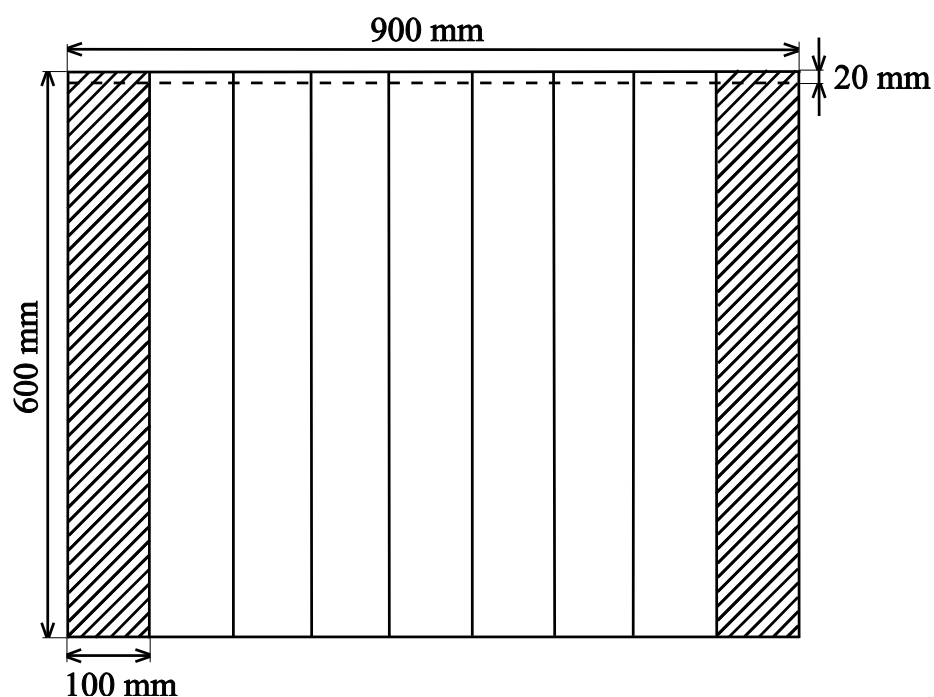
Z takto zhotoveného laboratorního vzorku se vystřihne sada sedmi vzorků o rozměrech 100 mm x 1160 mm, které se dále vystřihnou do potřebného tvaru. Podle obr. 3.2 se každý zkušební vzorek nastříhne do hloubky 33 mm ve vzdálenosti 20 mm od švu a odstříhne pryč, tak že skutečná šíře vzorku je 34 mm. Nastřížení v rožku vzorku musí být velice přesné, aby při laboratorní rázové zkoušce na Charpyho kyvadlovém kladivu nedocházelo k roztržení tkaniny mimo zhotovený šev a tím k naměření chybných hodnot. Upínací délka na Charpyhu kyvadlovém kladivu je 1000 mm [25], [1].

**Tab. 3.1:** Umístění švů u první sady na laboratorních a zkušebních vzorcích.

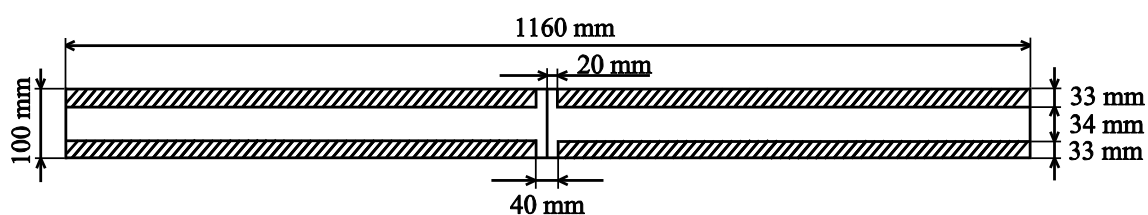
| Číslo laboratorního vzorku | Číslo zkušebního vzorku | Vzdálenost švu od okraje laboratorního vzorku [mm] | Vzdálenost švu od čelisti zkušebního zařízení [mm] |
|----------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1.                         | 1.1 – 1.7               | 200                                                | 100                                                |
| 2.                         | 2.1 – 2.7               | 300                                                | 200                                                |
| 3.                         | 3.1 – 3.7               | 400                                                | 300                                                |
| 4.                         | 4.1 – 4.7               | 600                                                | 500                                                |
| 5.                         | 5.1 – 5.7               | 800                                                | 700                                                |
| 6.                         | 6.1 – 6.7               | 900                                                | 800                                                |
| 7.                         | 7.1 – 7.7               | 1000                                               | 900                                                |

**Tab. 3.2:** Umístění švů u druhé sady na laboratorních a zkušebních vzorcích.

| Číslo laboratorního vzorku | Číslo zkušebního vzorku | Vzdálenost švu od okraje laboratorního vzorku [mm] | Vzdálenost švu od čelisti zkušebního zařízení [mm] |
|----------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 8.                         | 8.1 – 8.7               | 200                                                | 100                                                |
| 9.                         | 9.1 – 9.7               | 300                                                | 200                                                |
| 10.                        | 10.1 – 10.7             | 400                                                | 300                                                |
| 11.                        | 11.1 – 11.7             | 600                                                | 500                                                |
| 12.                        | 12.1 – 12.7             | 800                                                | 700                                                |
| 13.                        | 13.1 – 13.7             | 900                                                | 800                                                |
| 14.                        | 14.1 – 14.7             | 1000                                               | 900                                                |



**Obr. 3.1:** Znázornění laboratorního vzorku se švem uprostřed.



**Obr. 3.2:** Znázornění zkušebního vzorku pro měření rázové pevnosti.

### 3.4 Podstata zkoušky

Na zkušební vzorek plošné textilie o předem stanovených rozměrech a poloze švu působí rázová síla kolmo na šev. Pomocí měřicího zařízení se zaznamenává maximální rázová síla potřebná k přetržení švu a také deformační práce [25].

### 3.5 Princip měření

Vzorek je upevněn v pevné a pohyblivé čelisti Charpyho kladiva, které je v základní poloze. Vyzvednutím pohyblivé čelisti do určité výšky získá kladivo nějakou potenciální energii, jejíž hodnota roste s výškou vyzvednutí pohyblivé čelisti. Jakmile se pohyblivá čelist uvolní, klesá její výška, zároveň dochází k poklesu její potenciální energie. Jelikož platí zákon zachování energie zapsaný rovnicí (3.1), s klesající potenciální energií roste kinetická energie [5]

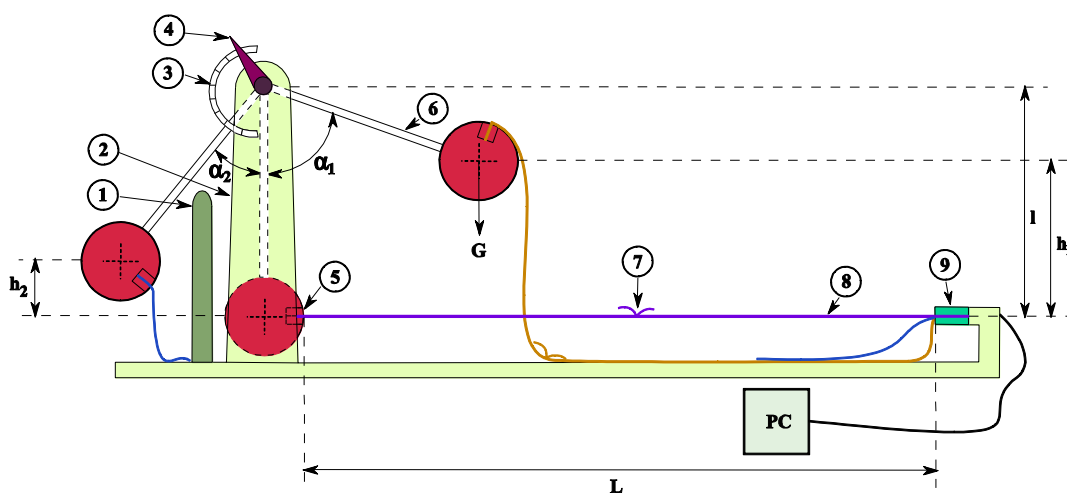
$$\Delta E = \Delta E_k + \Delta E_p. \quad (3.1)$$

Kinetická energie dosáhne svého maxima v nulové výšce pohyblivé čelisti, kde je zároveň nulová potenciální energie. V této poloze dojde k vypnutí vzorku a k působení rázového impulzu síly kolmo na šev, což způsobí přetrhnutí vzorku ve švu a vychýlení pohyblivé čelisti na opačnou stranu do určité výšky, čímž opět kyvadlo získá potenciální energii. Rozdíl potenciálních energií určuje deformační práci [1], [5]:

$$A_{def}^R = -\Delta E_p = E_{p1} - E_{p2}. \quad (3.2)$$

### 3.5.1 Charpyho kyvadlové kladivo pro měření rázové pevnosti

Měření rázové pevnosti švu řadíme mezi dynamické tahové zkoušky, které lze provádět pomocí Charpyho metody na kyvadlovém kladivu (obr. 3.3).



**Obr. 3.3:** Znáznornění Chapryho kladiva pro měření rázové pevnosti švu.

#### Popis kladiva:

- |                                                |                                    |
|------------------------------------------------|------------------------------------|
| 1 – Brzda                                      | PC – Počítač pro zpracování dat    |
| 2 – Rám kladiva                                | G – Gravitační síla kyvadla        |
| 3 – Úhlová stupnice                            | L – Upínací délka vzorku           |
| 4 – Ukazatel úhlu                              | l – Délka kyvadla                  |
| 5 – Výkyvná čelist kyvadla                     | $h_1$ – Počáteční výška výkyvu     |
| 6 – Výkyvné rameno kyvadla                     | $h_2$ – Konečná výška výkyvu       |
| 7 – Šev                                        | $\alpha_1$ – Počáteční úhel výkyvu |
| 8 – Vypnutý vzorek materiálu                   | $\alpha_2$ – Konečný úhel výkyvu   |
| 9 – Pevná čelist a měřicí zařízení (tenzometr) |                                    |

## **3.6 Postup při praktickém měření na Charpyho kladivu**

### **3.6.1 Nastavení měřicího zařízení**

1. Nastavíme přepínač směrem nahoru na režim měření, pokud je přepínač v dolní poloze jedná se o režim nastavování.
2. Nastavíme vzorkovací frekvenci tj. dvouciferné číslo umístěné na panelu vedle přepínačů pomocí páčkového přepínače. Vzorkovací frekvence pro první sadu zkušebních vzorků byla nastavena na hodnotu 12 000 Hz a pro druhou sadu na hodnotu 7 000 Hz.
3. Spustíme měřicí program na počítači.

### **3.6.2 Postup měření**

1. Jednu stranu zkušebního vzorku uchytneme do výkyvných čelistí kyvadla, které je v základní poloze a druhou stranu vzorku uchytneme do pevných čelistí takovým způsobem, aby byl vzorek vypnutý. Čelisti musí udržet vzorek tak, aby nedocházelo k jeho prokluzování, prořezávání nebo k jinému poškození [25], [1].
2. Vychýlíme výkyvnou čelist a na této poloze ji zajistíme aretací pomocí zarážky.
3. Vynulujeme úhломěr.
4. Stiskneme spínač start/restart měření.
5. Uvolníme aretaci výkyvné čelisti. Následuje volný pád kyvadla a postupná přeměna energie polohové v energii kinetickou. Kinetická energie dosáhne svého maxima v dolní poloze. Působením rázové síly se nejprve přetrhne šev, poté dojde k vychýlení kyvadla na opačnou stranu, než byla jeho poloha při zajištění aretací. Pokud dojde k přetrhu textilie nebo k přetrhu textilie v čelistech musí být výsledky vyloučeny a musí se provést opakované měření [25], [1].
6. Počkáme, až měřicí přístroj ukončí měření průběhu síly v závislosti na čase. Program zaznamenává data, zároveň je vykresluje do grafu a hledá maximální hodnotu rázové síly v newtonech, která byla potřebná k přetržení švu. Jakmile se vykreslování grafu zastaví, můžeme pracovat s naměřenými daty.

- Na stupnici odečteme úhel výkyvu a zapíšeme tuto hodnotu spolu s maximální rázovou silou do tabulky. Velikost úhlu výkyvu je přímo úměrná zbytkové energii kyvadla [1].

### 3.6.3 Práce s naměřenými daty

- Uložíme snímky grafu ve formátu BMP. Po stisknutí tlačítka vybereme cestu a název souboru pro uložení.
- Uložíme data z měření v programu Excel. Po stisknutí tlačítka vybereme název souboru a úložnou oblast.

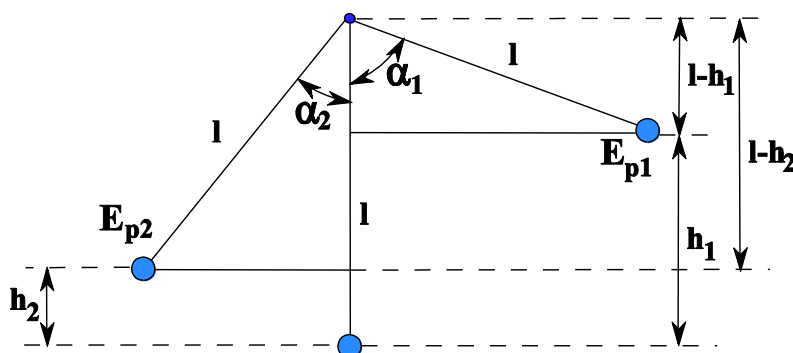
## 3.7 Rázová deformační práce a impulz síly

### 3.7.1 Rázová deformační práce

Deformační práce  $A_{def}^R$  [J] je energie vynaložená k deformaci vzorku [21]. Deformační práce se určuje jako rozdíl potenciálních energií  $E_{p1}$  a  $E_{p2}$ . Rovnici (3.2) je možné rozepsat na vztah

$$A_{def}^R = E_{p1} - E_{p2} = mgh_1 - mgh_2 = mg \cdot (h_1 - h_2). \quad (3.3)$$

Z důvodu neznámé výšky  $h_1$  a  $h_2$  je nutné pomocí goniometrických vztahů odvodit vzorec, který lze použít přímo pro výpočet deformační práce pomocí naměřených úhlů na Charpyho kladivu. K znázornění odvození vztahu slouží následující obrázek (obr. 3.4).



Obr. 3.4: Energie Charpyho kladiva.

Odvození vztahu pro deformační práci:

$$\begin{aligned}\cos \alpha_1 &= \frac{l - h_1}{l}, & \cos \alpha_2 &= \frac{l - h_2}{l}, \\ l \cos \alpha_1 &= l - h_1, & l \cos \alpha_2 &= l - h_2, \\ -l \cos \alpha_1 + l &= h_1, & -l \cos \alpha_2 + l &= h_2, \\ l(1 - \cos \alpha_1) &= h_1, & l(1 - \cos \alpha_2) &= h_2.\end{aligned}$$

Po dosazení odvozených vztahů do rovnice (3.3) dostaneme výslednou rovnici pro výpočet deformační práce:

$$A_{def}^R = mg \cdot (l(1 - \cos \alpha_1) - l(1 - \cos \alpha_2)) = mgl(\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1). \quad (3.4)$$

$m$ ...hmotnost kyvadla [kg],

$g$ ...tíhové gravitační zrychlení [ $\text{ms}^{-2}$ ],

$l$ ... délka kyvadla [m],

$\alpha_1$ ...počáteční úhel výkyvu [ $^\circ$ ],

$\alpha_2$ ...konečný úhel výkyvu [ $^\circ$ ].

Pro naše konkrétní Charpyho kladivo byly zjištěny tyto hodnoty: hmotnost kyvadla  $m = 21,1$  kg, délka kyvadla  $l = 0,8025$  m a tíhové gravitační zrychlení [14]  $g = 9,80665 \text{ ms}^{-2}$ .

### 3.7.2 Rázový impulz síly

Impulz síly  $I^R$  [Ns] je vektorová fyzikální veličina, která je stejného směru jako směr působící síly a určuje časový účinek síly. Impulz síly je určen součinem síly  $\vec{F}$  a časového úseku  $\Delta t$  [21].

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t.$$

Vzhledem k tomu, že působící síla není po celou dobu konstantní, je možné získat hodnotu impulzu síly integrací [5]

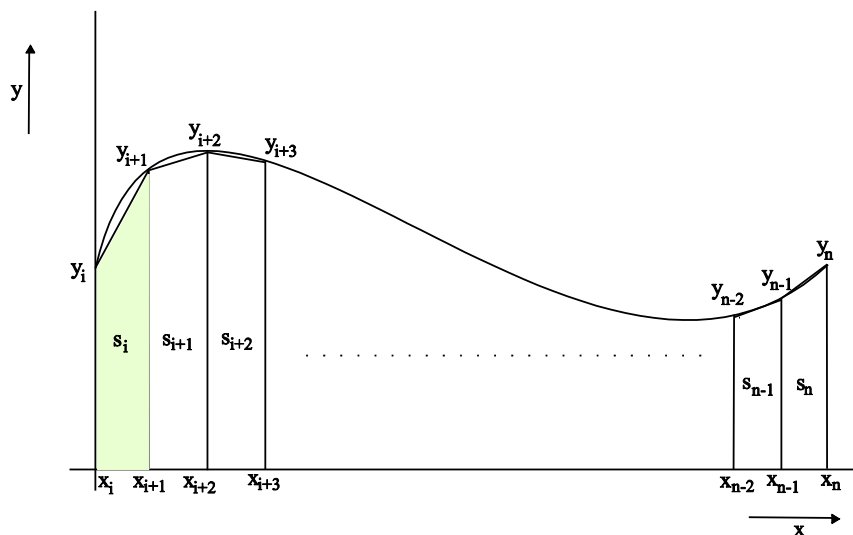
$$\vec{I} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t) dt.$$

$\vec{F}(t)$ ...okamžitá síla [N],

$t_i$ ...čas počátku rázu [s],

$t_f$ ...čas konce rázu [s].

Jednou z možností pro výpočet je lichoběžníková metoda. K odvození vztahu pro výpočet impulzu síly slouží následující obrázek (obr. 3.5).



**Obr. 3.5:** Znázornění principu lichoběžníkové metody.

Odvození vztahu pro impulz síly:

$$\begin{aligned}
 I^R &\approx \sum_{i=1}^n S_i = \sum_{i=1}^n (x_{i+1} - x_i) \cdot y_i + \frac{(x_{i+1} - x_i) \cdot (y_{i+1} - y_i)}{2} = \\
 &= \sum_{i=1}^n (x_{i+1} - x_i) \cdot y_i + \frac{(x_{i+1} - x_i) \cdot y_{i+1}}{2} - \frac{(x_{i+1} - x_i) \cdot y_i}{2} = \\
 &= \sum_{i=1}^n \frac{(x_{i+1} - x_i) \cdot y_{i+1}}{2} + \frac{(x_{i+1} - x_i) \cdot y_i}{2} = \\
 &= \sum_{i=1}^n \frac{(x_{i+1} - x_i) \cdot (y_{i+1} + y_i)}{2}.
 \end{aligned} \tag{3.5}$$



### 3.8 Naměření dynamických charakteristik švu

Při laboratorním měření byl zaznamenán časový průběh rázové síly působící na šev, konečný úhel výkyvu kyvadla po přetrhu vzorku a maximální rázová síla. Z těchto naměřených hodnot byla vypočtena deformační práce pomocí vztahu (3.4) a impulz síly ze vztahu (3.5). Naměřené hodnoty obou sad vzorků jsou uvedeny v následujících tabulkách (tab. 3.3 až tab. 3.16).

#### *Zpracované hodnoty pro první sadu vzorků*

**Tab. 3.3:** Vzorky se vzdáleností švu 100 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 1. sadu.

| Číslo vzorku        | $\alpha_2$ [°] | $F_{max}^R$ [N] | $A_{def}^R$ [J] | $I^R$ [Ns] |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------|
| 1.1                 | 41,10          | 143,764         | 5,680           | 0,834      |
| 1.2                 | 40,80          | 167,562         | 6,249           | 0,983      |
| 1.3                 | 41,00          | 162,672         | 5,870           | 0,928      |
| 1.4                 | 41,10          | 144,090         | 5,680           | 0,781      |
| 1.5                 | 41,30          | 142,134         | 5,298           | 0,747      |
| 1.6                 | 41,00          | 146,046         | 5,870           | 0,937      |
| 1.7                 | 41,00          | 161,368         | 5,870           | 0,982      |
| Průměr              | 41,04          | 152,519         | 5,788           | 0,885      |
| Směrodatná odchylka | 0,14           | 10,037          | 0,089           | 0,266      |
| Variační koeficient | 0,0034         | 0,0658          | 0,1012          | 0,0460     |

**Tab. 3.4:** Vzorky se vzdáleností švu 200 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 1. sadu.

| Číslo vzorku        | $\alpha_2$ [°] | $F_{max}^R$ [N] | $A_{def}^R$ [J] | $I^R$ [Ns] |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------|
| 2.1                 | 41,00          | 154,522         | 5,870           | 0,877      |
| 2.2                 | 41,00          | 164,302         | 5,870           | 0,921      |
| 2.3                 | 41,10          | 168,214         | 5,680           | 1,055      |
| 2.4                 | 41,00          | 145,068         | 5,870           | 0,849      |
| 2.5                 | 40,80          | 147,675         | 6,249           | 0,916      |
| 2.6                 | 41,00          | 141,482         | 5,870           | 0,826      |
| 2.7                 | 41,00          | 147,676         | 5,870           | 0,847      |
| Průměr              | 40,99          | 152,706         | 5,897           | 0,899      |
| Směrodatná odchylka | 0,08           | 9,359           | 0,072           | 0,158      |
| Variační koeficient | 0,0020         | 0,0613          | 0,0798          | 0,0268     |

**Tab. 3.5:** Vzorky se vzdáleností švu 300 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 1. sadu.

| Číslo vzorku        | $\alpha_2$ [°] | $F_{max}^R$ [N] | $A_{def}^R$ [J] | $I^R$ [Ns] |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------|
| 3.1                 | 41,00          | 140,178         | 5,870           | 0,857      |
| 3.2                 | 41,00          | 155,500         | 5,870           | 0,915      |
| 3.3                 | 41,00          | 135,288         | 5,870           | 0,865      |
| 3.4                 | 40,80          | 147,024         | 6,249           | 0,822      |
| 3.5                 | 41,00          | 149,958         | 5,870           | 0,857      |
| 3.6                 | 41,00          | 164,628         | 5,870           | 0,954      |
| 3.7                 | 41,00          | 153,218         | 5,870           | 0,903      |
| Průměr              | 40,97          | 149,399         | 5,924           | 0,882      |
| Směrodatná odchylka | 0,07           | 9,054           | 0,041           | 0,133      |
| Variační koeficient | 0,0017         | 0,0606          | 0,0463          | 0,0224     |

**Tab. 3.6:** Vzorky se vzdáleností švu 500 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 1. sadu.

| Číslo vzorku        | $\alpha_2$ [°] | $F_{max}^R$ [N] | $A_{def}^R$ [J] | $I^R$ [Ns] |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------|
| 4.1                 | 41,00          | 146,698         | 5,870           | 0,938      |
| 4.2                 | 40,80          | 115,076         | 6,249           | 0,773      |
| 4.3                 | 41,00          | 142,460         | 5,870           | 0,863      |
| 4.4                 | 41,00          | 137,896         | 5,870           | 0,938      |
| 4.5                 | 41,50          | 118,988         | 4,915           | 0,787      |
| 4.6                 | 41,00          | 121,270         | 5,870           | 0,740      |
| 4.7                 | 41,3           | 125,684         | 5,298           | 0,772      |
| Průměr              | 41,09          | 129,725         | 5,706           | 0,830      |
| Směrodatná odchylka | 0,22           | 11,556          | 0,077           | 0,413      |
| Variační koeficient | 0,0053         | 0,0891          | 0,0922          | 0,0724     |

**Tab. 3.7:** Vzorky se vzdáleností švu 700 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 1. sadu.

| Číslo vzorku        | $\alpha_2$ [°] | $F_{max}^R$ [N] | $A_{def}^R$ [J] | $I^R$ [Ns] |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------|
| 5.1                 | 41,00          | 156,478         | 5,870           | 0,841      |
| 5.2                 | 41,00          | 159,086         | 5,870           | 0,939      |
| 5.3                 | 41,00          | 151,588         | 5,870           | 0,912      |
| 5.4                 | 41,00          | 136,592         | 5,870           | 0,838      |
| 5.5                 | 40,80          | 159,738         | 6,249           | 1,031      |
| 5.6                 | 41,00          | 136,592         | 5,870           | 0,877      |
| 5.7                 | 41,00          | 156,152         | 5,870           | 0,904      |
| Průměr              | 40,97          | 150,889         | 5,924           | 0,906      |
| Směrodatná odchylka | 0,07           | 9,364           | 0,061           | 0,133      |
| Variační koeficient | 0,0017         | 0,0621          | 0,0677          | 0,0224     |

**Tab. 3.8:** Vzorky se vzdáleností švu 800 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 1. sadu.

| Číslo vzorku        | $\alpha_2$ [°] | $F_{max}^R$ [N] | $A_{def}^R$ [J] | $I^R$ [Ns] |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------|
| 6.1                 | 41,00          | 124,530         | 5,870           | 0,827      |
| 6.2                 | 41,00          | 136,592         | 5,870           | 0,897      |
| 6.3                 | 41,50          | 120,944         | 4,915           | 0,755      |
| 6.4                 | 41,00          | 102,037         | 5,870           | 0,649      |
| 6.5                 | 41,00          | 141,156         | 5,870           | 0,987      |
| 6.6                 | 41,20          | 109,860         | 5,489           | 0,759      |
| 6.7                 | 41,00          | 140,504         | 5,870           | 0,890      |
| Průměr              | 41,10          | 125,089         | 5,679           | 0,823      |
| Směrodatná odchylka | 0,18           | 14,187          | 0,104           | 0,338      |
| Variační koeficient | 0,0043         | 0,1134          | 0,1263          | 0,0596     |

**Tab. 3.9:** Vzorky se vzdáleností švu 900 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 1. sadu.

| Číslo vzorku        | $\alpha_2$ [°] | $F_{max}^R$ [N] | $A_{def}^R$ [J] | $I^R$ [Ns] |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------|
| 7.1                 | 41,00          | 135,614         | 5,870           | 0,834      |
| 7.2                 | 41,10          | 135,288         | 5,680           | 0,829      |
| 7.3                 | 41,00          | 143,764         | 5,870           | 0,866      |
| 7.4                 | 41,10          | 132,028         | 5,680           | 0,775      |
| 7.5                 | 41,50          | 128,768         | 4,915           | 0,775      |
| 7.6                 | 41,00          | 135,614         | 5,870           | 0,822      |
| 7.7                 | 41,10          | 135,288         | 5,680           | 0,818      |
| Průměr              | 41,11          | 135,195         | 5,652           | 0,817      |
| Směrodatná odchylka | 0,16           | 4,228           | 0,030           | 0,313      |
| Variační koeficient | 0,0040         | 0,0313          | 0,0368          | 0,0555     |

***Zpracované hodnoty pro druhou sadu vzorků*****Tab. 3.10:** Vzorky se vzdáleností švu 100 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 2. sadu.

| Číslo vzorku        | $\alpha_2$ [°] | $F_{max}^R$ [N] | $A_{def}^R$ [J] | $I^R$ [Ns] |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------|
| 8.1                 | 40,50          | 181,906         | 6,815           | 1,849      |
| 8.2                 | 40,80          | 171,474         | 6,249           | 1,613      |
| 8.3                 | 40,30          | 179,950         | 7,191           | 1,736      |
| 8.4                 | 40,50          | 168,540         | 6,815           | 1,621      |
| 8.5                 | 40,50          | 166,910         | 6,815           | 1,845      |
| 8.6                 | 41,00          | 140,830         | 5,870           | 1,192      |
| 8.7                 | 41,20          | 159,738         | 5,489           | 1,484      |
| Průměr              | 40,69          | 167,050         | 6,464           | 1,620      |
| Směrodatná odchylka | 0,30           | 12,817          | 0,213           | 0,567      |
| Variační koeficient | 0,0074         | 0,0767          | 0,1316          | 0,0877     |

**Tab. 3.11:** Vzorky se vzdáleností švu 200 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 2. sadu.

| Číslo vzorku        | $\alpha_2$ [°] | $F_{max}^R$ [N] | $A_{def}^R$ [J] | $I^R$ [Ns] |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------|
| 9.1                 | 41,00          | 168,866         | 5,870           | 1,619      |
| 9.2                 | 41,00          | 154,848         | 5,870           | 1,497      |
| 9.3                 | 41,00          | 153,218         | 5,870           | 1,445      |
| 9.4                 | 41,20          | 132,028         | 5,489           | 1,168      |
| 9.5                 | 41,10          | 148,980         | 5,680           | 1,425      |
| 9.6                 | 41,00          | 136,918         | 5,870           | 1,248      |
| 9.7                 | 41,20          | 128,768         | 5,489           | 1,139      |
| Průměr              | 41,07          | 146,232         | 5,734           | 1,363      |
| Směrodatná odchylka | 0,09           | 13,290          | 0,167           | 0,168      |
| Variační koeficient | 0,0021         | 0,0909          | 0,1228          | 0,0292     |

**Tab. 3.12:** Vzorky se vzdáleností švu 300 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 2. sadu.

| Číslo vzorku        | $\alpha_2$ [°] | $F_{max}^R$ [N] | $A_{def}^R$ [J] | $I^R$ [Ns] |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------|
| 10.1                | 40,50          | 162,346         | 6,815           | 1,578      |
| 10.2                | 40,50          | 167,888         | 6,815           | 1,703      |
| 10.3                | 40,30          | 183,536         | 7,191           | 1,984      |
| 10.4                | 41,00          | 160,390         | 5,870           | 1,535      |
| 10.5                | 41,00          | 157,782         | 5,870           | 1,494      |
| 10.6                | 40,20          | 180,276         | 7,378           | 1,936      |
| 10.7                | 40,50          | 159,412         | 6,815           | 1,583      |
| Průměr              | 40,57          | 167,376         | 6,679           | 1,688      |
| Směrodatná odchylka | 0,29           | 9,691           | 0,183           | 0,550      |
| Variační koeficient | 0,0072         | 0,0579          | 0,1083          | 0,0823     |

**Tab. 3.13:** Vzorky se vzdáleností švu 500 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 2. sadu.

| Číslo vzorku        | $\alpha_2$ [°] | $F_{max}^R$ [N] | $A_{def}^R$ [J] | $I^R$ [Ns] |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------|
| 11.1                | 40,00          | 186,796         | 7,751           | 2,028      |
| 11.2                | 40,20          | 183,210         | 7,378           | 1,947      |
| 11.3                | 40,80          | 158,434         | 6,249           | 1,488      |
| 11.4                | 40,90          | 150,610         | 6,060           | 1,416      |
| 11.5                | 40,70          | 165,280         | 6,438           | 1,599      |
| 11.6                | 40,90          | 159,086         | 6,060           | 1,504      |
| 11.7                | 40,50          | 160,064         | 6,815           | 1,519      |
| Průměr              | 40,57          | 166,211         | 6,680           | 1,643      |
| Směrodatná odchylka | 0,33           | 12,570          | 0,225           | 0,617      |
| Variační koeficient | 0,0081         | 0,0756          | 0,1367          | 0,0924     |

**Tab. 3.14:** Vzorky se vzdáleností švu 700 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 2. sadu.

| Číslo vzorku        | $\alpha_2$ [°] | $F_{max}^R$ [N] | $A_{def}^R$ [J] | $I^R$ [Ns] |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------|
| 12.1                | 41,00          | 127,138         | 5,870           | 1,149      |
| 12.2                | 41,00          | 139,200         | 5,870           | 1,230      |
| 12.3                | 40,90          | 140,178         | 6,060           | 1,252      |
| 12.4                | 40,70          | 140,350         | 6,438           | 1,381      |
| 12.5                | 40,50          | 161,042         | 6,815           | 1,545      |
| 12.6                | 40,00          | 180,928         | 7,751           | 1,908      |
| 12.7                | 40,50          | 162,346         | 6,815           | 1,542      |
| Průměr              | 40,66          | 150,169         | 6,520           | 1,430      |
| Směrodatná odchylka | 0,33           | 17,153          | 0,241           | 0,627      |
| Variační koeficient | 0,0082         | 0,1142          | 0,1688          | 0,0962     |

**Tab. 3.15:** Vzorky se vzdáleností švu 800 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 2. sadu.

| Číslo vzorku        | $\alpha_2$ [°] | $F_{max}^R$ [N] | $A_{def}^R$ [J] | $I^R$ [Ns] |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------|
| 13.1                | 41,00          | 151,262         | 5,870           | 1,337      |
| 13.2                | 40,80          | 167,236         | 6,249           | 1,591      |
| 13.3                | 40,50          | 174,734         | 6,815           | 1,818      |
| 13.4                | 40,50          | 169,192         | 6,815           | 1,636      |
| 13.5                | 40,30          | 168,540         | 7,191           | 1,622      |
| 13.6                | 40,50          | 157,130         | 6,815           | 1,461      |
| 13.7                | 40,30          | 169,428         | 7,191           | 1,638      |
| Průměr              | 40,56          | 165,360         | 6,710           | 1,586      |
| Směrodatná odchylka | 0,24           | 7,552           | 0,140           | 0,449      |
| Variační koeficient | 0,0059         | 0,0457          | 0,0885          | 0,0670     |

**Tab. 3.16:** Vzorky se vzdáleností švu 900 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 2. sadu.

| Číslo vzorku        | $\alpha_2$ [°] | $F_{max}^R$ [N] | $A_{def}^R$ [J] | $I^R$ [Ns] |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------|
| 14.1                | 40,50          | 160,064         | 6,815           | 1,399      |
| 14.2                | 41,00          | 144,416         | 5,870           | 1,199      |
| 14.3                | 41,00          | 137,570         | 5,870           | 1,084      |
| 14.4                | 40,70          | 155,826         | 6,438           | 1,318      |
| 14.5                | 40,80          | 152,892         | 6,249           | 1,304      |
| 14.6                | 41,00          | 136,918         | 5,870           | 1,136      |
| 14.7                | 40,80          | 156,152         | 6,249           | 1,349      |
| Průměr              | 40,83          | 149,120         | 6,19            | 1,256      |
| Směrodatná odchylka | 0,17           | 8,725           | 0,109           | 0,331      |
| Variační koeficient | 0,0043         | 0,0585          | 0,0865          | 0,0534     |

### 3.9 Vyhodnocení měření

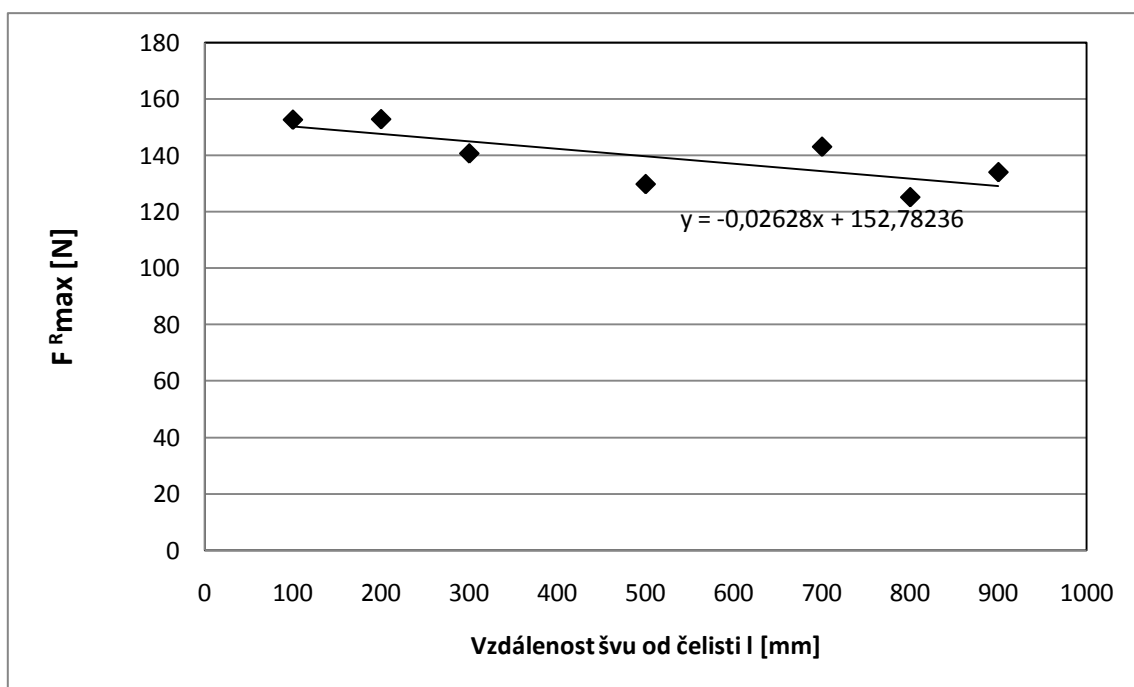
Vypočtené průměrné hodnoty (maximální rázové síly, deformační práce, impulzu síly a konečného úhlu výkyvu kyvadla) z kapitoly 3.8 byly shrnuty do následujících tabulek (tab. 3.17 a tab. 3.18) a vyneseny do grafů (obr. 3.6 a obr. 3.13) pomocí programu Excel.

**Tab. 3.17:** Výsledky průměrných naměřených hodnot pro 1. sadu vzorků.

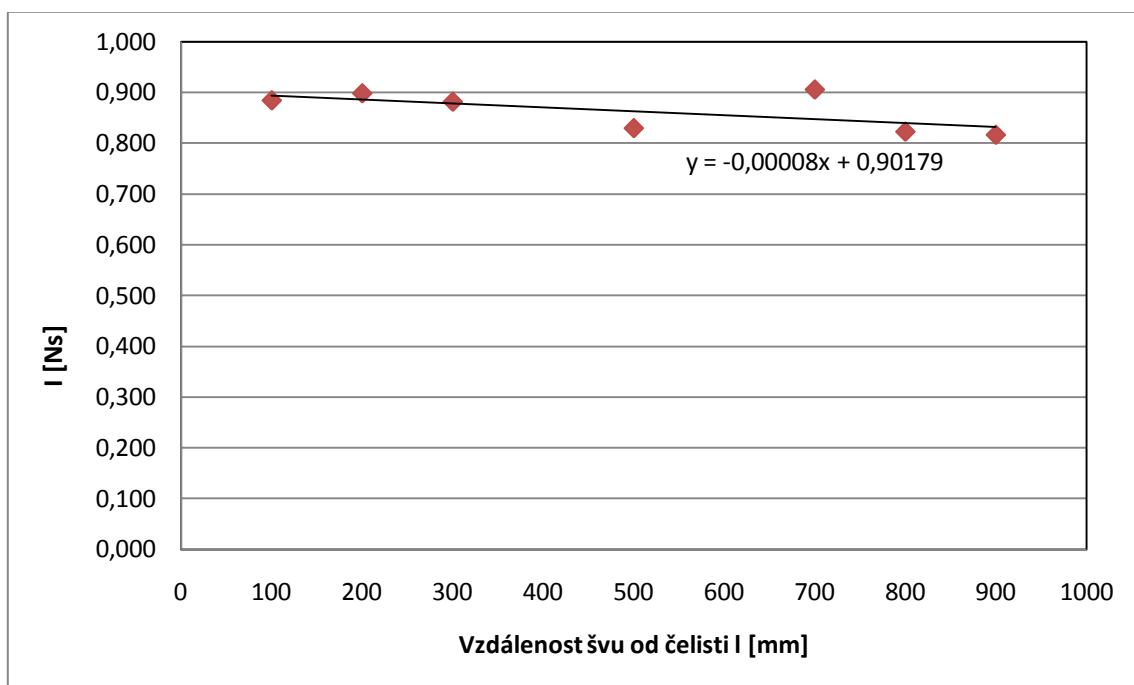
| Číslo vzorku | Vzdálenost švu od čelisti l [mm] | $F_{max}^R$ [N] | $A_{def}^R$ [J] | $I^R$ [Ns] | $\alpha_2$ [°] |
|--------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|------------|----------------|
| 1.           | 100                              | 152,519         | 5,79            | 0,885      | 41,04          |
| 2.           | 200                              | 152,706         | 5,90            | 0,899      | 40,99          |
| 3.           | 300                              | 149,399         | 5,92            | 0,882      | 40,97          |
| 4.           | 500                              | 129,725         | 5,71            | 0,830      | 41,09          |
| 5.           | 700                              | 150,889         | 5,92            | 0,906      | 40,97          |
| 6.           | 800                              | 125,089         | 5,68            | 0,823      | 41,10          |
| 7.           | 900                              | 135,195         | 5,65            | 0,817      | 41,11          |

**Tab. 3.18:** Výsledky průměrných naměřených hodnot pro 2. sadu vzorků.

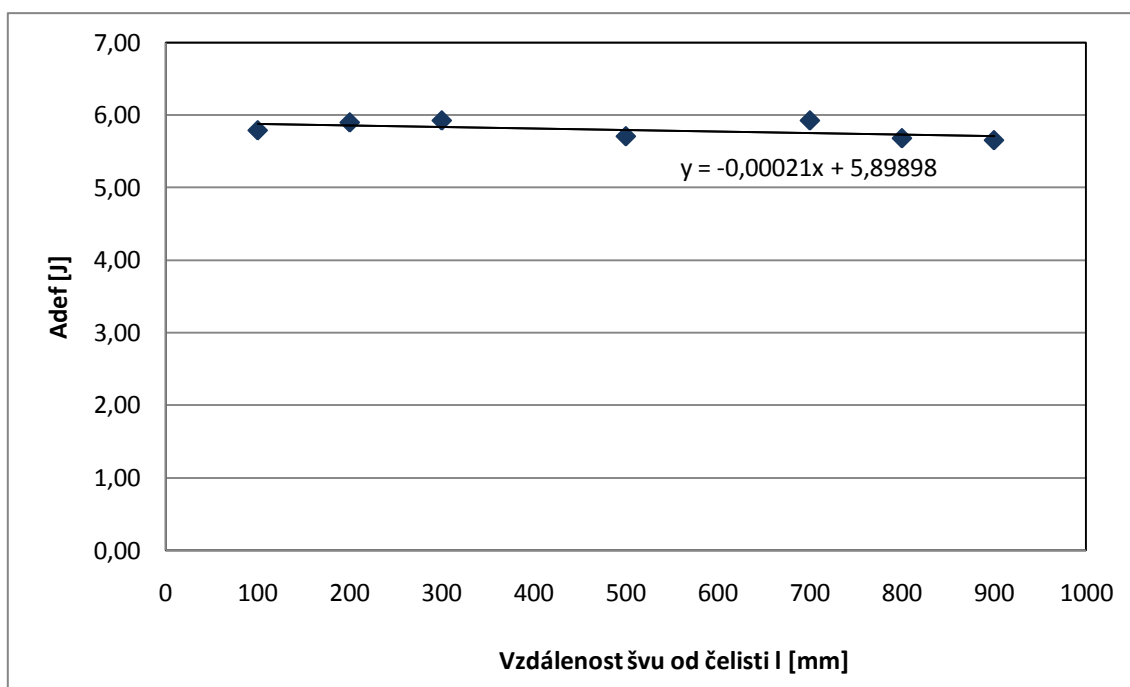
| Číslo vzorku | Vzdálenost švu od čelisti l [mm] | $F_{max}^R$ [N] | $A_{def}^R$ [J] | $I^R$ [Ns] | $\alpha_2$ [°] |
|--------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|------------|----------------|
| 8.           | 100                              | 167,050         | 6,46            | 1,620      | 40,69          |
| 9.           | 200                              | 146,232         | 5,73            | 1,363      | 41,07          |
| 10.          | 300                              | 167,376         | 6,68            | 1,688      | 40,57          |
| 11.          | 500                              | 166,211         | 6,68            | 1,643      | 40,57          |
| 12.          | 700                              | 150,169         | 6,52            | 1,430      | 40,66          |
| 13.          | 800                              | 165,360         | 6,71            | 1,586      | 40,56          |
| 14.          | 900                              | 149,120         | 6,19            | 1,256      | 40,83          |



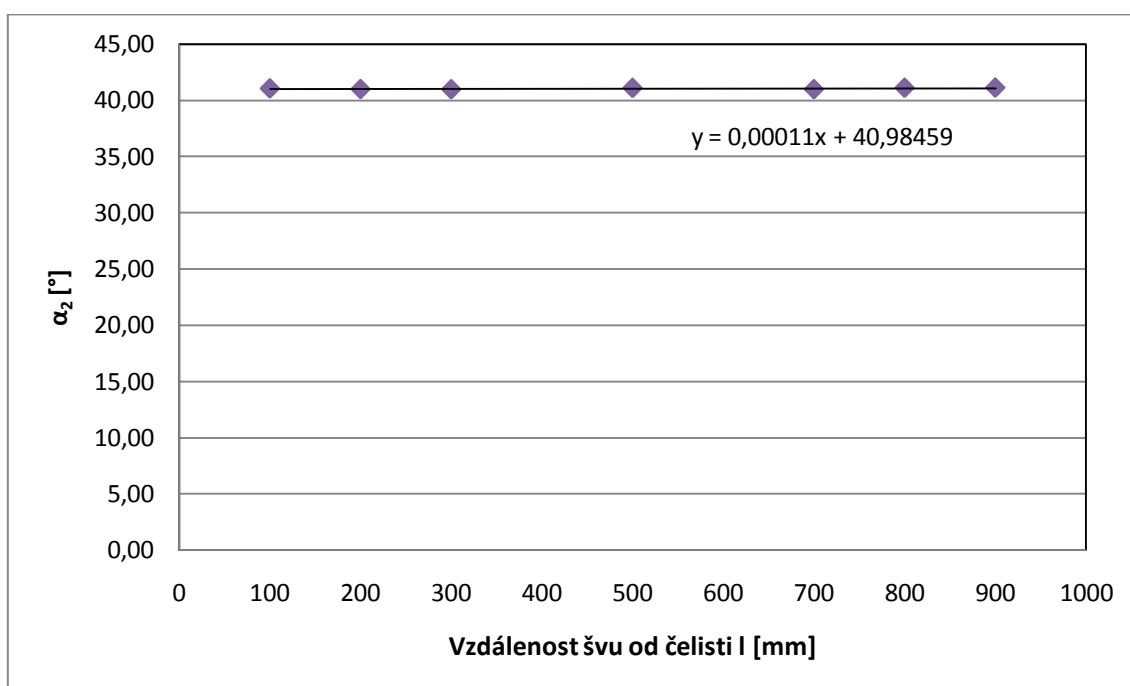
**Obr. 3.6:** Závislost maximální rázové síly na vzdálenosti švu od čelisti pro 1. sadu vzorků.



**Obr. 3.7:** Závislost impulzu síly na vzdálenosti švu od čelisti pro 1. sadu vzorků.

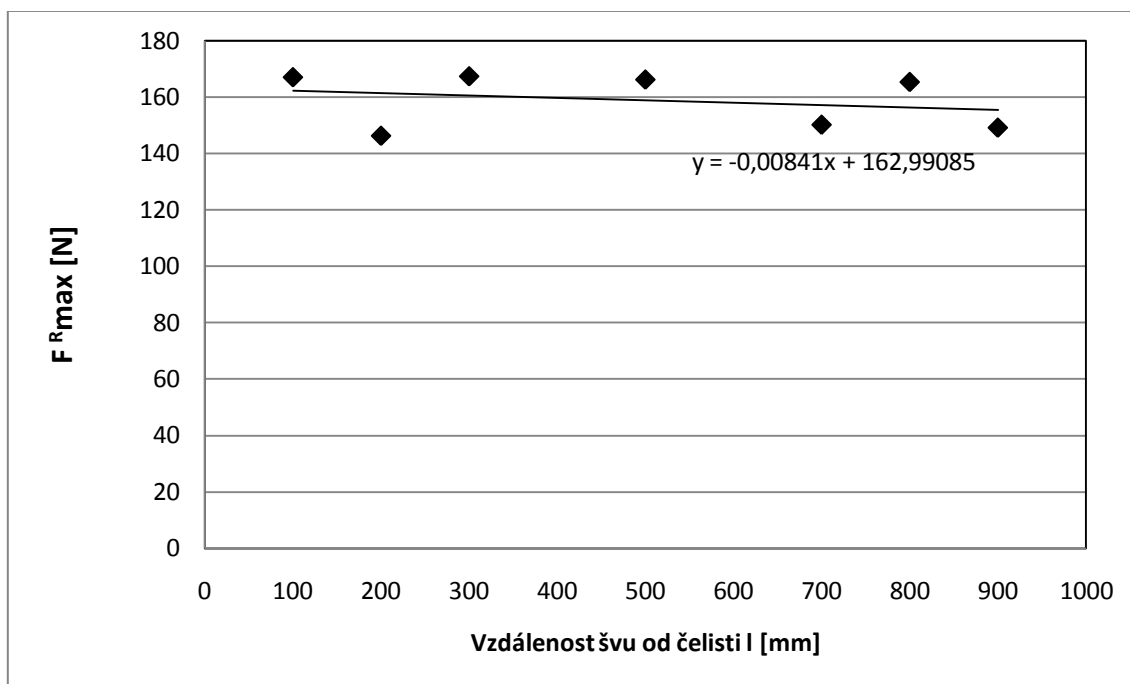


**Obr. 3.8:** Závislost deformační rázové práce na vzdálenosti švu od čelisti pro 1. sadu vzorků.

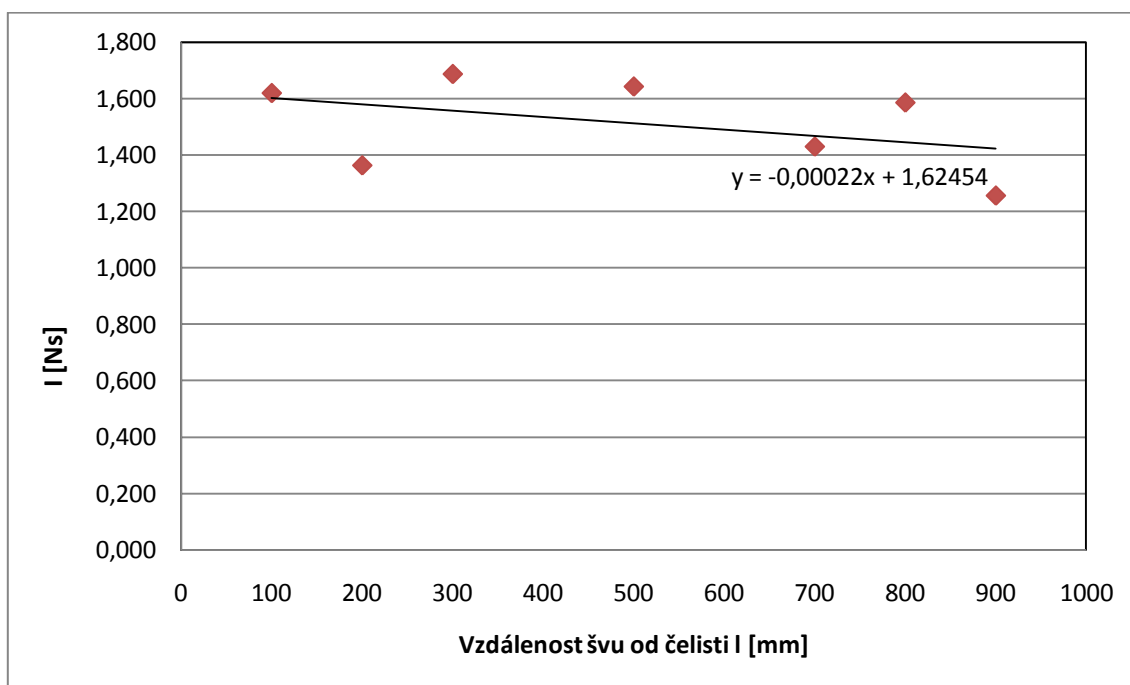


**Obr. 3.9:** Závislost úhlu  $\alpha_2$  na vzdálenosti švu d čelisti pro 1. sadu vzorků.

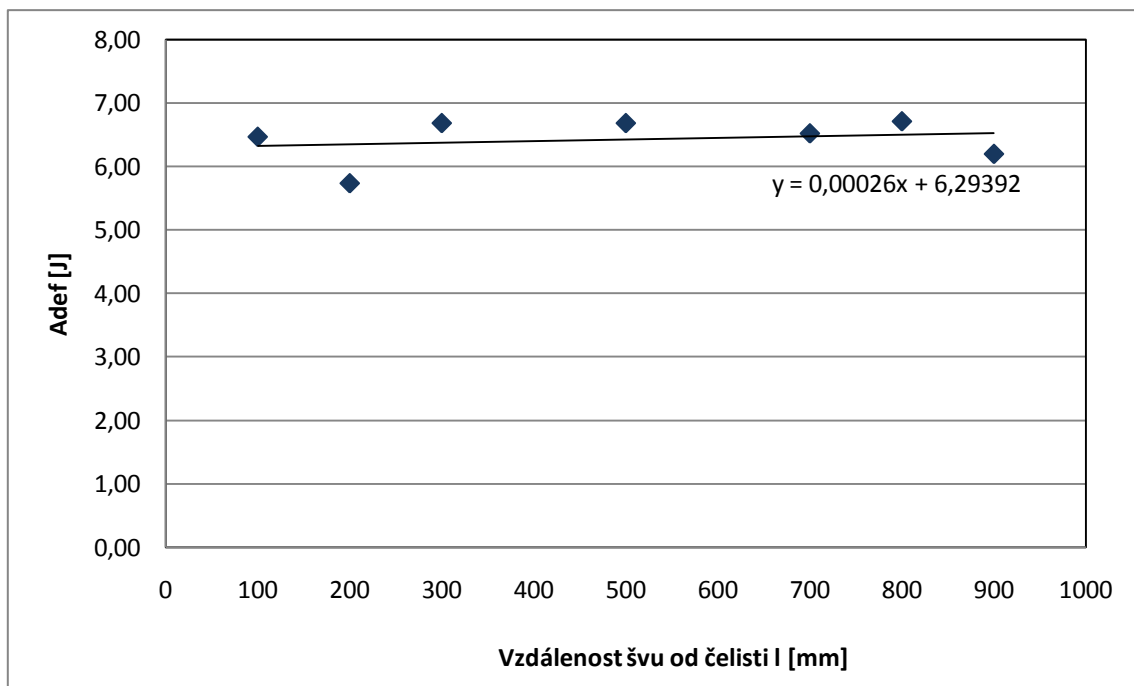




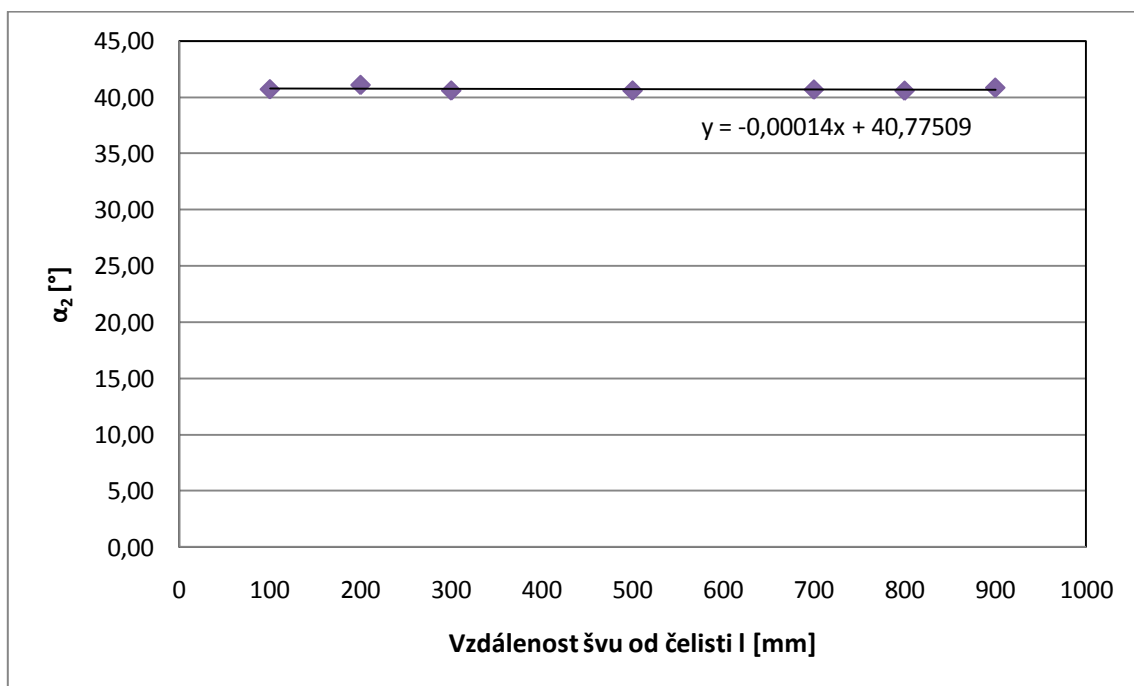
**Obr. 3.10:** Závislost maximální rázové síly na vzdálenosti švu od čelisti pro 2. sadu vzorků.



**Obr. 3.11:** Závislost impulzu síly na vzdálenosti švu od čelisti pro 2. sadu vzorků.



**Obr. 3.12:** Závislost deformační práce na vzdálenosti švu od čelisti pro 2. sadu vzorků.



**Obr. 3.13:** Závislost úhlu  $\alpha_2$  na vzdálenosti švu od čelisti pro 2. sadu vzorků.

Hodnoty vynesené do grafů (obr. 3.6 až obr. 3.13), znázorňují naměřené hodnoty maximální rázové síly, deformační práce a impulzu síly ve vztahu k vzdálenosti švu od čelisti. Jednotlivé hodnoty naměřených charakteristik byly proloženy přímkami a dále byly k těmto přímkám programem Excel vygenerovány jejich rovnice. Hodnoty směrnice přímek jsou velice malé a jejich velikost by mohla být ovlivněna chybou měření. Z provedeného měření lze usoudit, že hodnoty jednotlivých charakteristik jsou při změně vzdálenosti švu od čelisti stálé a nahodilé výkyvy jsou způsobené patrně jen chybou při měření, tudíž není prokázána závislost mezi pevností švu a jeho umístěním od střediska vzniku rázu.

## 4 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit, zda existuje závislost mezi vzdáleností umístění švu od střediska rázu a jeho pevností.

Tato bakalářská práce v úvodní části popisuje rázově namáhané výrobky a jak u nich při jejich používání dochází ke vzniku rázu. Dále jsou zde uvedeny směry sil, rychlost změny velikosti sil působících na spoj a nejpoužívanější druhy švů u výrobků technické konfekce. U hlavních představitelů rázově namáhaných výrobků, které jsou např. airbagy, padáky, bezpečnostní pásy a záchranná doskočiště, je popsán způsob působení síly na šitý spoj výrobku, jakých velikostí dosahuje tato síla a jaká je její délka působení.

Další část bakalářské práce popisuje metody, které se používají k mechanickým zkouškám dynamickým. Mezi takovéto metody patří např. metoda Charpy, Izod a rázová zkouška tahem. U vybraných druhů výrobků byl zjištěn způsob jejich testování pevnosti před tím, než dojde k jejich praktickému používání.

V experimentální části práce byly zhotoveny dvě sady laboratorních vzorků, kde jedna sada byla vyrobena z technického plátna a druhá z pánské oblekové tkaniny. Každá sada obsahovala 7 laboratorních vzorků s různou vzdáleností švů od střediska rázu a pro každou vzdálenost bylo vytvořeno 7 zkušebních vzorků. Pro měření rázové pevnosti švu bylo použito zkušební zařízení pracující na principu Charpyho kyvadlového kladiva. Naměřená data byla zpracována v programu Excel pomocí odvozených vztahů potřebných pro výpočet. Pro názornost byly jednotlivé dílčí výsledky (maximální rázové síly, impulzu síly a deformační rázové práce) vyneseny jako body do grafu pro zjišťování, zda existuje nějaká závislost mezi pevností švu a jeho vzdáleností od střediska vzniku rázu.

Protože z vytvořených grafů nebylo možné jednoznačně konstatovat, zda existuje nějaká závislost, byly body grafů proloženy přímkami, ke kterým byly vygenerovány v programu Excel jejich rovnice. Jelikož hodnoty směrnice přímky jsou velice malé, což mohlo být způsobeno chybou v měření, dovoluji si tvrdit, že neexistuje závislost mezi umístěním švu v různé vzdálenosti od střediska rázu na jeho pevnosti.

Na základě závěrů z experimentální zkoušky nelze výrobcům technických konfekcí doporučit, aby při výrobě rázově namáhaných výrobků umísťovali švy v bližší

či delší vzdálenosti od střediska vzniku rázu, protože závislost pevnosti švu na jeho vzdálenosti nebyla prokázána.

## Literatura

- [1] DOSEDĚLOVÁ, I.: *Impact strength of sewn seam in dependence on seam location in product, In Structure and Structural Mechanics of Textile Fabric*, Technical University in Liberec, 2009.
- [2] DOSEDĚLOVÁ, I.: *Přednášky z předmětu: Technologie oděvní výroby*, TUL, KKV Prostějov, 2008.
- [3] DOSEDĚLOVÁ, I.: *Zpracování technických textilií*, výukové materiály pro kurz specialistů z JAR, TUL Liberec, KKV Prostějov, červenec 2009.
- [4] DRASTÍK, F.: *Způsob a zařízení pro měření síly při rázu beranu bucharu*, patentní spis č. 90171, Praha, 1959.
- [5] HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J.: *Fyzika*. Brno: VUTIUM, 2001. 1254 s. ISBN 80-214-1868-0.
- [6] Informace z firmy ASCI Jevíčko ze dne 10. 12.2009.
- [7] Informace poskytnuté společností Technolen technický textil s.r.o. [19.04.2010].
- [8] Kolektiv autorů: *Ochranné oděvy II.*, sborník ze sympozia, TUL, KKV Prostějov, 2002.
- [9] Kolektiv autorů: *Problematika konfekcionování technických textilií*, sborník z odborného semináře, TUL, KKV Prostějov, 2001.
- [10] KOŠKOVÁ, B. : *Struktura a vlastnosti vláken*, Katedra textilních materiálů a přádelnictví, TUL, Liberec, 1989, 316 s.
- [11] KOVAČIČ, V.: *Textilní zkušebnictví*, katedra textilních materiálů, TUL, Liberec, 2002.
- [12] KUNZ, O.: *Přednášky z předmětu: Výroba technických konfekcí*, TUL, KKV Prostějov, 2009.
- [13] MARKOVÁ, M.: *Rázové namáhání šitých spojů*, BP 324/05, KKV, TUL, Prostějov, 2005.
- [14] MIKULČÁK, J., KLIMEŠ, B., ŠIROKÝ, J., ŠŮLA, V., ZEMÁNEK, F.: *Matematické, fyzikální a chemické tabulky*, Praha, Prometheus, 2003, ISBN 80-85849-84-4.
- [15] REŽŇÁKOVÁ, J.: *Analýza vlivu způsobu tvorby švu při rázovém namáhání švů technických konfekcí*, BP 354/06, KKV, TUL, Prostějov, 2006.
- [16] SEDLÁK, R.: *Pasivní bezpečnost*, Ústav soudního inženýrství, VUT v Brně 2005.

- [17] SLEPÁNEK, J.: *Oděvní názvosloví*, Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 1973.
- [18] STANĚK, J.: *Nauka o textilních materiálech, díl I., vlastnosti délkových a plošných textilií*, KTM, TUL 1988.
- [19] STANĚK, J., KUBÍČKOVÁ, M.: *Oděvní materiály*, TUL 1986.
- [20] ŠULC, J., VYSLOUŽIL, Z.: *Laboratorní cvičení technologická a strojní pro střední průmyslové školy strojnické*, Nakladatelství technické literatury, Praha, 1969, 256 s.
- [21] TARÁBEK, P., ČERVINKOVÁ, P. a kolektiv: *Odmaturuj z fyziky*, Brno, Didaktis, 2004, ISBN 80-86285-39-1.
- [22] TERRŠL, S.: *Abeceda textilu a odívání*, nakladatelství Noris, Praha, 1994, ISBN 80-900908-7-7.
- [23] ZOUHAROVÁ, J.: *Výroba oděvů II.*, TUL, fakulta textilní, katedra oděvnictví, Liberec 2002.
- [24] Norma TSO - C23d. *Požadavky na padákové komplety*, červen 1994.
- [25] Normy ČSN EN ISO 13935-1,2: *Tahové vlastnosti švu plošných textilií a konfekčních výrobků*.
- [26] Normy švů ISO 4916.
- [27] Internetová encyklopedie: [www.wikipedia.cz](http://www.wikipedia.cz) [9. 02. 2010].
- [28] Internetové stránky autolexicon: [www.cs.autolexicon.net](http://www.cs.autolexicon.net) [15.03.2010].
- [29] Internetové stránky distributora horolezeckých lan: [www.beal.cz](http://www.beal.cz) [1.04.2010].
- [30] Internetové stránky firmy se zkušební technikou: [www.testsysteme.cz](http://www.testsysteme.cz) [1.04.2010].
- [31] Internetové stránky <http://stag.zcu.cz/fel/ket/EMAP/Cviceni/2.%20cviceni/Mechanick%E9%20zkou%9Aky%20pevn%FDch%20materi%E1l%F9.pdf> [9.04.2010].
- [32] Internetové stránky o testování airbagů: [www.intertek.com](http://www.intertek.com) [1.04.2010].
- [33] Internetové stránky Renault klubu: [www.renaultclub.cz](http://www.renaultclub.cz) [9. 02. 2010].
- [34] Internetové stránky výrobce horkovzdušných balónů: [www.kubicekballoons.cz](http://www.kubicekballoons.cz) [1.04.2010].
- [35] Internetové stránky: [www.instron.com/wa/products/impact/charpy\\_izod.aspx](http://www.instron.com/wa/products/impact/charpy_izod.aspx) [9.04.2010].

- [36] Internetové stránky: [www.kmt.tul.cz/sekce/dopluky/polymery-mech\\_vl.pdf](http://www.kmt.tul.cz/sekce/dopluky/polymery-mech_vl.pdf) [9.04.2010].
- [37] Internetové stránky: [www.matweb.com/reference/izod-impact.aspx](http://www.matweb.com/reference/izod-impact.aspx) [9.04.2010].



## Seznam obrázků

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Obr. 2.1:</b> Znázornění tvaru airbagů u řidiče a spolujezdce[28].                                   | 14 |
| <b>Obr. 2.2:</b> Znázornění airbagu zabudovaného ve volantu před a po nafouknutí[28].                   | 14 |
| <b>Obr. 2.3:</b> Padák kruhového typu (a), padák typu křídlo (b) [27].                                  | 15 |
| <b>Obr. 2.4:</b> Záchranné doskočiště typu STU – 8 [7].                                                 | 16 |
| <b>Obr. 2.5:</b> Znázornění šíře švové záložky.                                                         | 18 |
| <b>Obr. 2.6:</b> Znázornění vzdálenosti stehových řádků.                                                | 18 |
| <b>Obr. 2.7:</b> Znázornění počtu stehových řádků.                                                      | 18 |
| <b>Obr. 2.8:</b> Znázornění tvaru švu: rovný šev (a), mimorovinný šev (b), zakřivený šev (c). ..        | 20 |
| <b>Obr. 2.9:</b> Schematické znázornění vnějších působících sil na šitý spoj [8].                       | 24 |
| <b>Obr. 2.10:</b> Tahová křivka příčné pevnosti švu (a), znázornění příčného působení sil na šev (b).   | 24 |
| <b>Obr. 2.11:</b> Tahová křivka podélné pevnosti švu (a), Znázornění podélného působení sil na šev (b). | 25 |
| <b>Obr. 2.12:</b> Závislost pevnosti a tažnosti na rychlosti působení sil [11].                         | 26 |
| <b>Obr. 2.13:</b> Upnutí zkušební vzorku metoda Charpy (a) a Izod (b).                                  | 29 |
| <b>Obr. 3.1:</b> Znázornění laboratorního vzorku se švem uprostřed.                                     | 34 |
| <b>Obr. 3.2:</b> Znázornění zkušební vzorku pro měření rázové pevnosti.                                 | 34 |
| <b>Obr. 3.3:</b> Znázornění Chapryho kladiva pro měření rázové pevnosti švu.                            | 36 |
| <b>Obr. 3.4:</b> Energie Charpyho kladiva.                                                              | 38 |
| <b>Obr. 3.5:</b> Znázornění principu lichoběžníkové metody.                                             | 40 |
| <b>Obr. 3.6:</b> Závislost maximální rázové síly na vzdálenosti švu od čelisti pro 1. sadu vzorků.      | 47 |
| <b>Obr. 3.7:</b> Závislost impulzu síly na vzdálenosti švu od čelisti pro 1. sadu vzorků.               | 47 |
| <b>Obr. 3.8:</b> Závislost deformační rázové práce na vzdálenosti švu od čelisti pro 1. sadu vzorků.    | 48 |
| <b>Obr. 3.9:</b> Závislost úhlu $\alpha_2$ na vzdálenosti švu d čelisti pro 1. sadu vzorků.             | 48 |
| <b>Obr. 3.10:</b> Závislost maximální rázové síly na vzdálenosti švu od čelisti pro 2. sadu vzorků.     | 49 |
| <b>Obr. 3.11:</b> Závislost impulzu síly na vzdálenosti švu od čelisti pro 2. sadu vzorků.              | 49 |
| <b>Obr. 3.12:</b> Závislost deformační práce na vzdálenosti švu od čelisti pro 2. sadu vzorků. ..       | 50 |
| <b>Obr. 3.13:</b> Závislost úhlu $\alpha_2$ na vzdálenosti švu od čelisti pro 2. sadu vzorků.           | 50 |

## Seznam tabulek

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tab. 2.1:</b> Nejčastěji používané druhy švů u technické konfekce a jejich použití. ....        | 19 |
| <b>Tab. 2.2:</b> Doba působení síly a opakované namáhání u vybraných typů výrobků. ....            | 27 |
| <b>Tab. 3.1:</b> Umístění švů u první sady na laboratorních a zkušebních vzorcích. ....            | 33 |
| <b>Tab. 3.2:</b> Umístění švů u druhé sady na laboratorních a zkušebních vzorcích. ....            | 34 |
| <b>Tab. 3.3:</b> Vzorky se vzdáleností švu 100 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 1. sadu... 41 | 41 |
| <b>Tab. 3.4:</b> Vzorky se vzdáleností švu 200 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 1. sadu... 41 | 41 |
| <b>Tab. 3.5:</b> Vzorky se vzdáleností švu 300 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 1. sadu... 42 | 42 |
| <b>Tab. 3.6:</b> Vzorky se vzdáleností švu 500 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 1. sadu... 42 | 42 |
| <b>Tab. 3.7:</b> Vzorky se vzdáleností švu 700 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 1. sadu... 42 | 42 |
| <b>Tab. 3.8:</b> Vzorky se vzdáleností švu 800 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 1. sadu... 43 | 43 |
| <b>Tab. 3.9:</b> Vzorky se vzdáleností švu 900 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 1. sadu... 43 | 43 |
| <b>Tab. 3.10:</b> Vzorky se vzdáleností švu 100 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 2. sadu. 43  | 43 |
| <b>Tab. 3.11:</b> Vzorky se vzdáleností švu 200 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 2. sadu. 44  | 44 |
| <b>Tab. 3.12:</b> Vzorky se vzdáleností švu 300 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 2. sadu. 44  | 44 |
| <b>Tab. 3.13:</b> Vzorky se vzdáleností švu 500 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 2. sadu. 44  | 44 |
| <b>Tab. 3.14:</b> Vzorky se vzdáleností švu 700 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 2. sadu. 45  | 45 |
| <b>Tab. 3.15:</b> Vzorky se vzdáleností švu 800 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 2. sadu. 45  | 45 |
| <b>Tab. 3.16:</b> Vzorky se vzdáleností švu 900 mm od čelisti zkušebního zařízení pro 2. sadu. 45  | 45 |
| <b>Tab. 3.17:</b> Výsledky průměrných naměřených hodnot pro 1. sadu vzorků. ....                   | 46 |
| <b>Tab. 3.18:</b> Výsledky průměrných naměřených hodnot pro 2. sadu vzorků. ....                   | 46 |

## **Seznam příloh**

**Příloha A:** Použité stroje a zařízení.

**Příloha B:** Zkušební vzorky pro měření rázové pevnosti švu.

**Příloha C:** Vzorky materiálů použité na výrobu laboratorních vzorků.

# **Přílohová část**

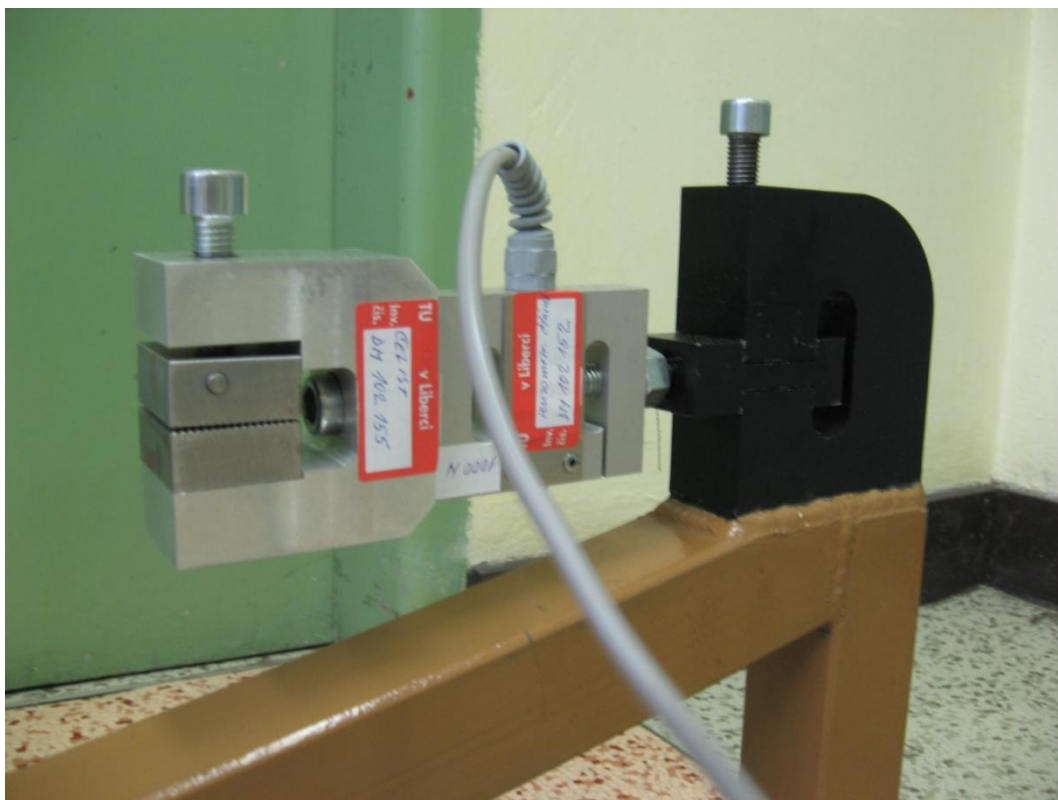
**Příloha A: Použité stroje a zařízení.**



**Obrázek A1:** Jednoehlový šicí stroj s vázaným stehem Juki DDL-888.



**Obrázek A2:** Charpyho kyvadlové kladivo s upnutým zkušebním vzorkem.



**Obrázek A3:** Tenzometr.



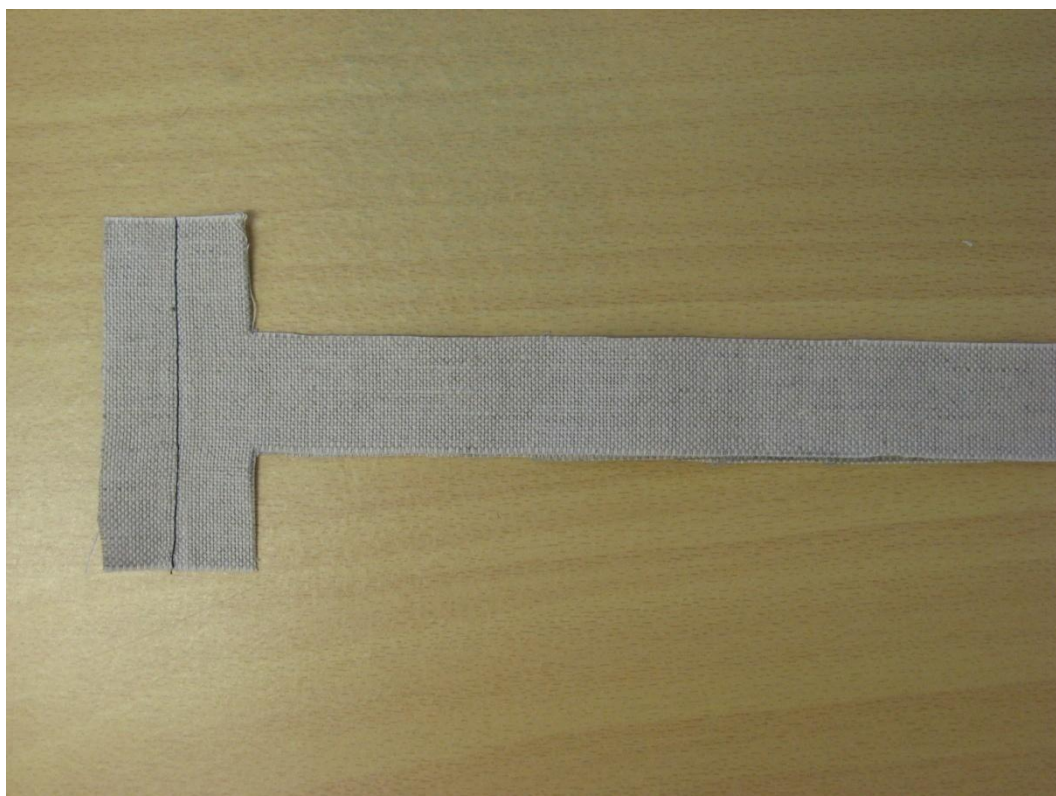
**Obrázek A4:** Tenzometr a měřící zařízení pro nastavení vzorkovací frekvence.



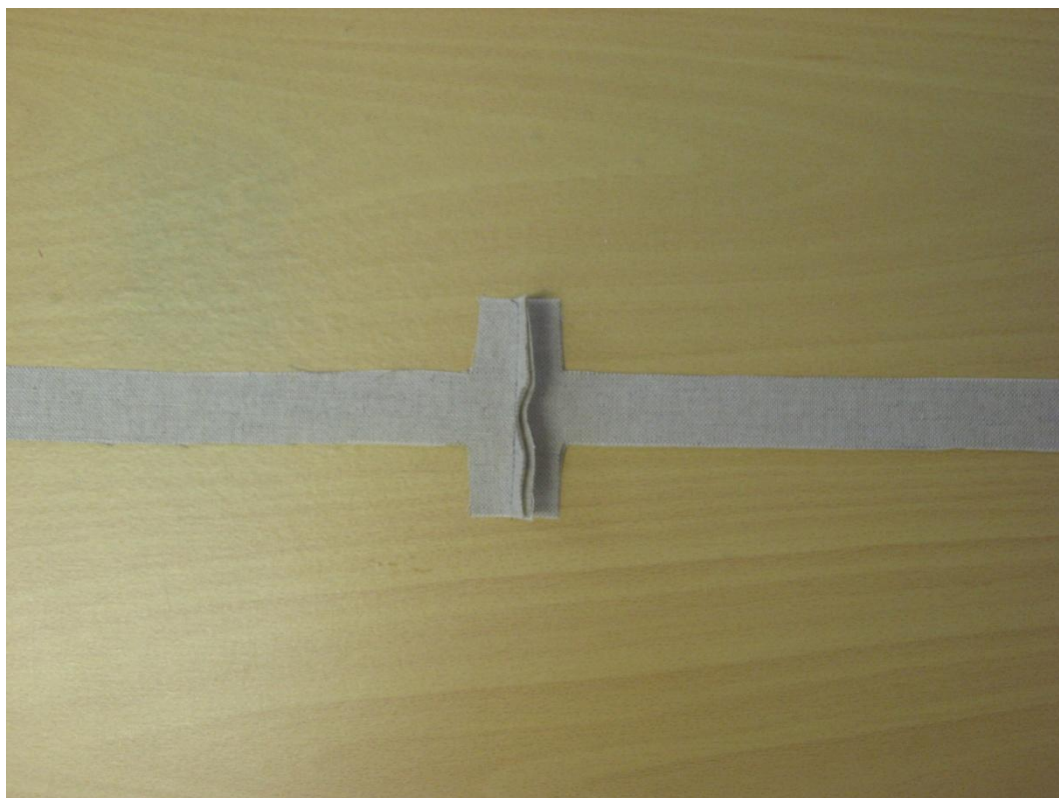
**Příloha B:** Zkušební vzorky pro měření rázové pevnosti švu.



**Obrázek B1:** Připravený zkušební vzorek.



**Obrázek B2:** Detail vystřížení zkušebního vzorku.



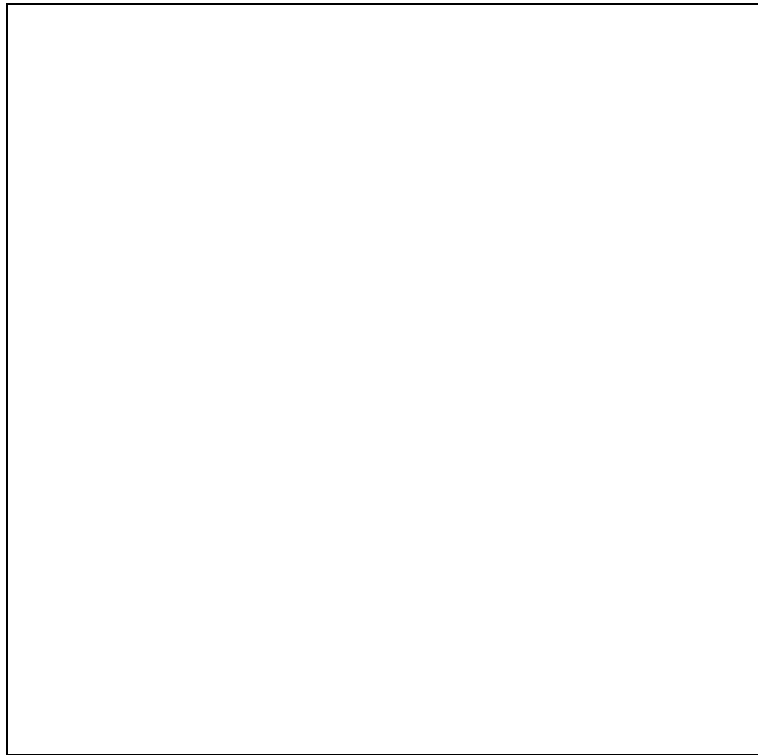
**Obrázek B3:** Rubní strana zkušebního vzorku.



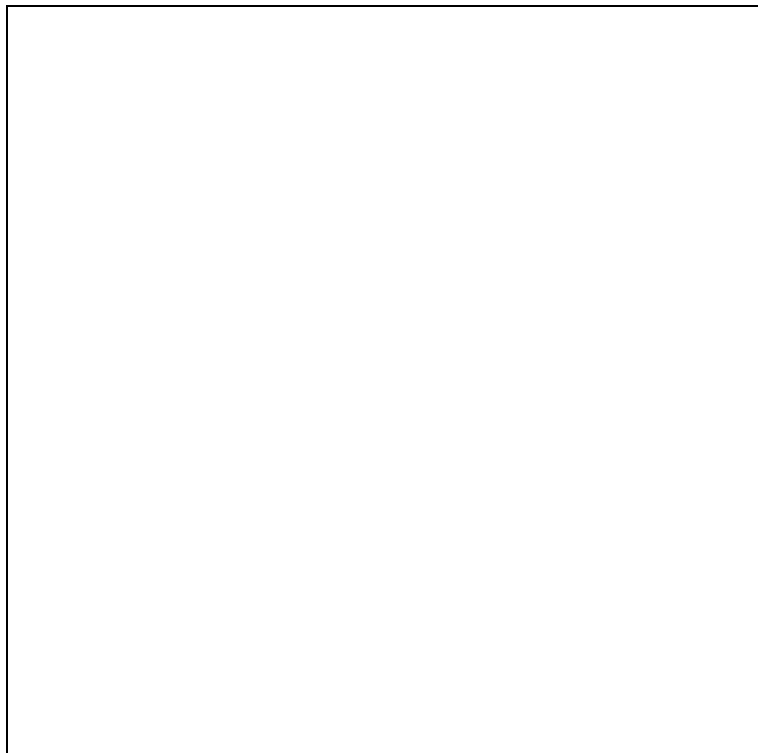
**Obrázek B4:** Detail zkušebního vzorku po přetržení.



**Příloha C:** Vzorky materiálů použité na výrobu laboratorních vzorků.



Technické plátno



Pánská obleková tkanina